

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

ANNÉE 1931

THÈSE

N°

67

POUR LE

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

Soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris en 1931

PAR

Ali CHAHINE

Né le 8 Novembre 1907, à Ispahan (Perse)

**RECHERCHES
SUR LE ROLE DES GRAISSES
DANS LE METABOLISME PROTEIQUE**

**ROLE DES VITAMINES DANS L'UTILISATION
DES PRINCIPES NUTRITIFS**

JURY } *Président* : Marcel LABBÉ, Professeur à la Faculté de Médecine
 } *Assesseurs* : } MAIGNON { Professeurs à l'Ecole Nationale
 } NICOLAS { Vétérinaire d'Alfort

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

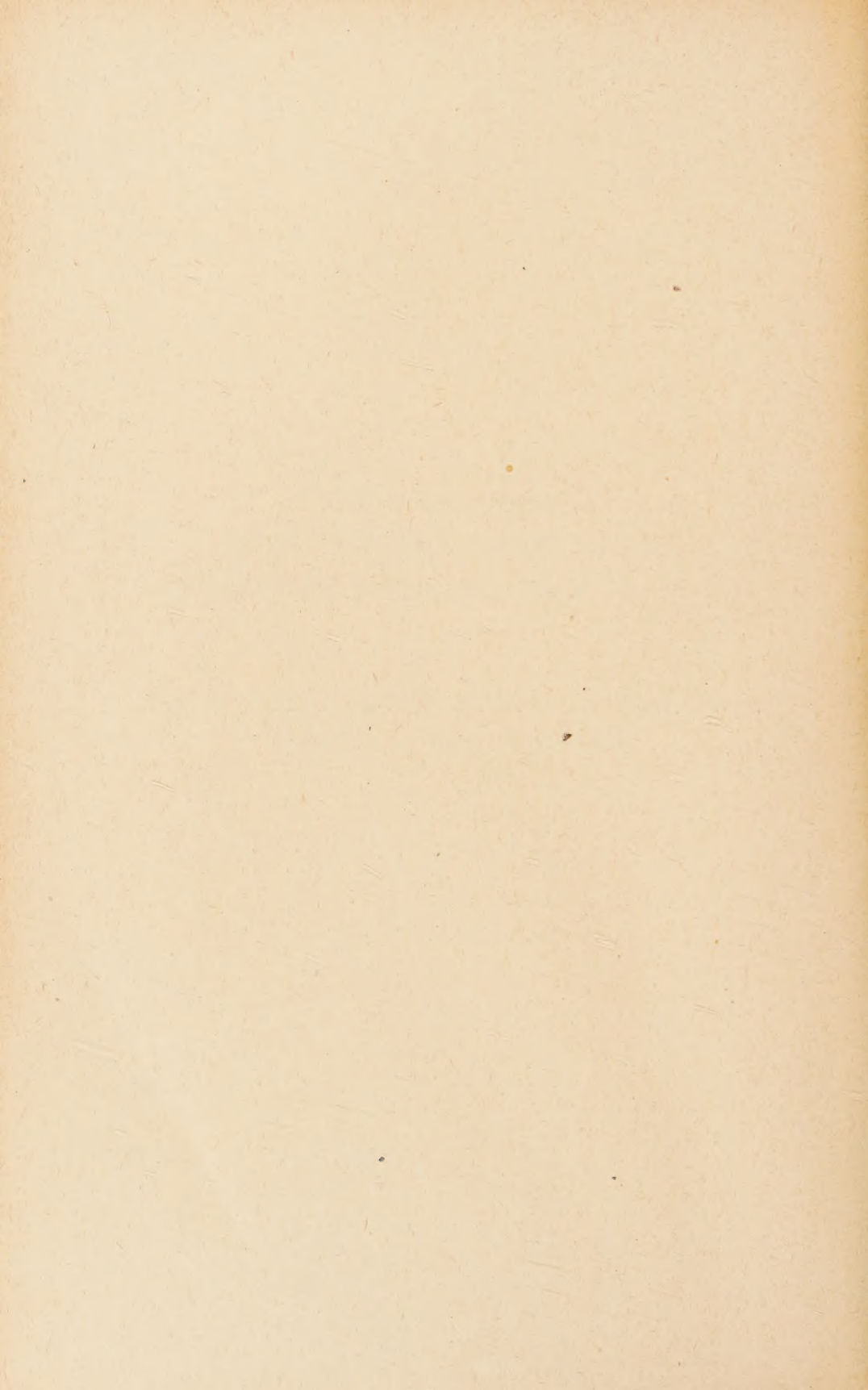
1931



Digitized by the Internet Archive
in 2026

**RECHERCHES
SUR LE ROLE DES GRAISSES
DANS LE METABOLISME PROTEIQUE**

**ROLE DES VITAMINES DANS L'UTILISATION
DES PRINCIPES NUTRITIFS**



ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

ANNÉE 1931

THÈSE

N° 67

POUR LE

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

Soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris en 1931

PAR

Ali CHAHINE

Né le 8 Novembre 1907, à Ispahan (Perse)

**RECHERCHES
SUR LE ROLE DES GRAISSES
DANS LE METABOLISME PROTEIQUE**

**ROLE DES VITAMINES DANS L'UTILISATION
DES PRINCIPES NUTRITIFS**

JURY } *Président* : Marcel LABBÉ, Professeur à la Faculté de Médecine
 } *Assesseurs* : } MAIGNON { Professeurs à l'Ecole Nationale
 NICOLAS { Vétérinaire d'Alfort

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1931

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

Directeurs honoraires : MM. P.-J. CADIOT et H. VALLÉE

Directeur : M. E. NICOLAS

Professeurs honoraires : MM. G. BARRIER, Inspecteur général
honoraire des Ecoles Vétérinaires ; P.-J. CADIOT,
H. VALLÉE

PROFESSEURS ET CHARGES DE COURS

MM.

Anatomie descriptive des animaux domestiques..	BRESSOU.
Physiologie, thérapeutique générale.....	MAIGNON.
Physique et Chimie médicales, toxicologie, phar- macie.....	NICOLAS.
Parasitologie et maladies parasitaires, clinique; Zoologie.	HENRY.
Pathologie médicale des équidés et des carnas- siers, clinique; sémiologie et propédeutique, jurisprudence.	ROBIN.
Pathologie chirurgicale des équidés et des car- nassiers, clinique; anatomie chirurgicale. médecine opératoire et ferrure.....	COQUOT.
Pathologie bovine, ovine, caprine, porcine et aviaire, clinique; médecine opératoire, obsté- trique.	LESBOUYRIES.
Pathologie générale et microbiologie, maladies microbiennes et police sanitaire, clinique..	PANISSET.
Histologie et embryologie, anatomie patholo- gique; autopsies.....	PETIT.
Zootéchnie et économie rurale.....	DECHAMBRE.
Agronomie, botanique et hygiène; matière médi- cale.	DECHAMBRE et HENRY.
Industrie et contrôle des produits d'origine ani- male.	VERGE.

PROFESSEUR AGREGÉ

M. LESBOUYRIES

CHEF DE TRAVAUX AGREGÉ

M. SIMONNET

CHEFS DE TRAVAUX

MM. BRION, MONVOISIN, MOUSSU (R.), VALADE



La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les
opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées
doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles
n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

Je dédie ce travail à

Sa Majesté Impériale

REZA CHAH PAHLAVI.

Hommage à celui qui a toujours eu pour objectif, le bien-être de notre pays dans la paix et par la science, et qui nous a permis de perfectionner nos études en France, afin de nous rendre apte à mieux servir notre chère Patrie.

M. A. CHAHINE.

A MON PERE, A MA MERE

*Votre bonté et vos sacrifices vous donnent droit
à toute ma reconnaissance et à toute mon
affection. C'est avec toute ma tendresse
filiale que je vous offre ce sincère et respec-
tueux hommage en tête de ce travail.*

A MON FRERE, A MES SOEURS

Témoignage de mon affection fraternelle.

A TOUS MES PARENTS

A la mémoire de mon Grand-Père et de ma Grand'Mère.

A MES AMIS

A Monsieur le COLONEL RIAZI

Attaché Militaire et Chef de la Mission persane à Paris

*Hommage reconnaissant à notre chef, dont les
conseils éclairés et la bienveillante autorité,
furent pour nous, en toutes circonstances le
guide le plus précieux.*

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE :

Monsieur le PROFESSEUR Marcel LABBE

Qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider notre thèse, et de l'appuyer de sa haute autorité. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.

A MON JURY DE THÈSE :

A Monsieur le PROFESSEUR F. MAIGNON

Notre affectionné maître qui nous a inspiré l'idée de ce travail et a participé à sa réalisation avec une bienveillance toute paternelle. Nous sommes très heureux de lui témoigner ici notre profonde gratitude pour les conseils si précieux et autorisés qu'il n'a cessé de nous prodiguer au cours des quatre années que nous avons passées comme assistant dans son laboratoire. Il nous a appris à goûter aux joies intellectuelles que procure toute recherche scientifique et nous a permis ainsi d'apporter notre modeste contribution à la science expérimentale dans le domaine de la physiologie et de la thérapeutique générale. Nous le prions de trouver ici l'expression de nos vifs remerciements et de toute notre reconnaissance.

A Monsieur le PROFESSEUR E. NICOLAS

*Qui nous a toujours réservé un bienveillant
accueil pendant toute la durée de nos études
à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.*

*Nous le remercions très vivement pour l'hon-
neur qu'il nous a fait en acceptant de faire
partie du Jury de notre Thèse.*

*Qu'il veuille bien accepter ici l'expression de
notre respectueuse affection et de notre vive
reconnaissance.*

A TOUS MES PROFESSEURS

DE

L'ECOLE VETERINAIRE D'ALFORT

A TOUS MES INSTRUCTEURS

DE

L'ECOLE DE CAVALERIE DE SAUMUR

INTRODUCTION

Alors que le rôle des protéines et des glucides, dans la nutrition, est parfaitement connu, celui des graisses est resté jusqu'ici entouré de la plus grande obscurité.

A la suite de la théorie de BOUCHARD et CHAUVEAU, on a admis la transformation de la graisse en glycogène dans l'organisme animal et dès lors ce principe nutritif a été considéré comme jouant le même rôle que les hydrates de carbone.

Toutefois, cette opinion n'a été adoptée par tous les physiologistes et mon maître le professeur F. MAIGNON a contribué à établir définitivement la non-transformation des graisses en hydrates de carbone chez les animaux à sang chaud, cette transformation paraissant pouvoir se réaliser dans le règne végétal et chez les animaux à sang froid.

Cet auteur a montré que chez les chiens dont le glycogène hépatique et musculaire a été fortement épuisé par une inanition préalable, l'administration abondante de graisse n'entraîne aucune reconstitution des réserves hydrocarbonées, tandis que l'ingestion de viande amène très rapidement ce résultat, en moins de trente-six heures.

Certains physiologistes, dont LAULANIÉ, ont fait remarquer que la graisse ingérée pouvait se mettre en réserve à l'état de graisse et ne se transformer en glycogène qu'au fur et à mesure des besoins.

MAIGNON a répondu à cette objection en s'adressant à des sujets diabétiques, qui ont perdu la faculté de brûler le glucose et chez qui l'ingestion de toute substance pouvant donner naissance à du sucre, a pour effet d'augmenter la glycosurie.

Sur une chienne, atteinte d'un diabète spontané des plus graves, avec amaigrissement rapide, glycosurie et dénutrition azotée intenses, et chez qui le régime carné exclusif, élevait

la glycosurie au-dessus de celle du jeûne, le régime gras amena en quelques jours la disparition du sucre, l'arrêt immédiat de l'amaigrissement et de la dénutrition azotée avec relèvement de l'état général. Les mêmes résultats ont été obtenus chez l'homme et ces résultats ont été pleinement confirmés en Suède par le professeur Karl PETREN, de Lund, et aux Etats-Unis par NEWBURG et MARSH.

Depuis ces recherches, les aliments gras entrent pour une large part dans l'alimentation des diabétiques, alors qu'auparavant ils étaient formellement interdits, par crainte d'acétonurie que l'on rendait responsable du coma diabétique.

MAIGNON a montré, en outre, que contrairement à l'opinion couramment admise à cette époque, les graisses sont beaucoup moins cétogènes que les protéines.

Si les graisses, ou plus exactement les acides gras, ne se transforment pas en hydrate de carbone, chez les animaux à sang chaud, quel est donc leur rôle nutritif?

Les résultats remarquables obtenus avec le régime gras dans les diabètes à forte dénutrition azotée, dans lesquels on voit l'hyperazoturie disparaître en quelques jours, ont fait penser à l'auteur que les graisses pouvaient intervenir d'une manière favorable dans le métabolisme protéique. En vue de vérifier cette hypothèse, il rechercha tout d'abord, comment se comporte le rat blanc alimenté exclusivement avec de l'ovalbumine additionnée de sels minéraux et il étudia ensuite comparative-ment les effets de l'addition de graisse ou d'amidon, à la ration.

Il constata que les rats soumis au régime de l'ovalbumine exclusivement étaient incapables de maintenir la fixité de leur poids, et qu'ils mouraient au bout d'un temps assez court avec des pertes de poids plus ou moins importantes. Ces expériences l'amènèrent à découvrir une influence de saison sur la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique. Il constata qu'au printemps et à l'automne, les animaux mouraient au bout de quelques jours avec de faibles pertes de poids, pouvant ne pas dépasser 20 % et des phénomènes d'intoxication aiguë

du système nerveux central, tandis qu'en été et en hiver, la survie atteignait plusieurs semaines et les animaux succombaient à l'épuisement des réserves, dans un état d'amaigrissement extrême, avec des pertes de poids de 40 à 50 %.

Dans les saisons intermédiaires la survie s'allongeait régulièrement pour passer du minimum au maximum et inversement.

Comme ces résultats avaient été obtenus avec le même lot d'ovalbumine, MAIGNON en a conclu que ce qui s'exagérait au printemps et à l'automne, c'était non pas la toxicité de l'ovalbumine, mais la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique.

Cette influence saisonnière est à rapprocher de celle qui a été découverte par le même auteur et aux mêmes époques de l'année pour la glycogénie et les combustions respiratoires. Pour le glycogène musculaire et la consommation d'oxygène, MAIGNON et ses collaborateurs PAINVIN, GUILHON, ont montré l'existence de maxima au printemps et à l'automne et de minima en hiver et en été.

L'impossibilité de maintenir l'équilibre pondéral avec une ration exclusivement composée de protéines, montre que l'addition de principes ternaïres est indispensable.

Est-il indifférent de donner les aliments ternaïres sous la forme de graisses ou d'hydrates de carbone? C'est la question que MAIGNON s'est proposé de résoudre en recherchant si l'un de ces deux principes permet une meilleure utilisation des protéines. Il a réalisé, sur le rat blanc, un très grand nombre d'expériences d'alimentation prolongée de 1909 à 1914, à l'aide de ration ovalbumine-saindoux, ovalbumine-amidon additionnées de sels minéraux et cela en faisant varier les proportions relatives de l'ovalbumine et de l'aliment ternaïre.

Ces recherches dont la publication remonte à 1918 et qui ont été exposées en détail, dans la thèse de l'auteur, en 1919, aboutissent à cette conclusion que, toutes choses égales d'ailleurs, les périodes de fixité de poids et de survie, sont toujours

beaucoup plus longues avec les régimes ovalbumine-graisse qu'avec les régimes ovalbumine-amidon, et cela pour des ingesta moindres. MAIGNON a conclu à une meilleure utilisation des protéines avec les graisses qu'avec les hydrates de carbone, utilisation plus économique et moins toxique.

L'auteur a cherché à préciser le mécanisme de l'action des graisses dans l'utilisation des protéines. Pour résoudre ce problème, il a étudié le rendement nutritif des protéines avec la graisse et les glucides, et cela en déterminant comparative-ment le bilan azote sur des rats blancs soumis à des régimes ovalbumine-saindoux, ovalbumine-glucides.

Dans ces expériences, il a fait varier les proportions relatives des substances ternaires par rapport à l'ovalbumine.

Ces recherches entreprises par l'auteur, en collaboration successivement avec L. JUNG et J. VIMEUX, aboutirent à cette conclusion, que lorsque les résultats permettent de conclure à l'avantage d'une des substances ternaires, cet avantage se montre en faveur des graisses, mais il restait à déterminer les conditions exactes dans lesquelles il fallait se placer pour que les expériences parlent toujours dans ce sens.

Dans les travaux qui font l'objet de cette thèse, travaux entrepris de 1927 à 1931, en collaboration avec notre maître le professeur MAIGNON, qui a bien voulu nous associer à ses recherches, nous avons abordé l'étude des trois questions suivantes.

1° *Influence des saisons sur la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique, en présence de vitamines.*

Dans les rations utilisées par MAIGNON, les vitamines faisaient défaut, on pouvait alors se demander si la toxicité n'était pas une question d'avitaminose. Nous avons recommencé ces mêmes expériences en ajoutant à l'ovalbumine et aux éléments minéraux (mélange salin d'Osborne et Mendel) des vitamines A. et B.

2° *Influence de l'addition de vitamines aux rations oval-*

bumine-graisse, ovalbumine-glucides sur les périodes de fixité de poids, de survie et sur la croissance.

3° Détermination de la supériorité des graisses dans l'utilisation des protéines par la méthode des bilans azotés.

Nous décrirons succinctement la technique des expériences et passerons ensuite à l'exposé, à l'analyse et à l'interprétation des résultats.

Mais avant d'entreprendre l'étude de ce travail, nous tenons à remercier M. le professeur VERGE qui n'a pas ménagé sa peine et nous a donné des renseignements très importants, en ce qui concerne la partie anatomo-pathologique et bactériologique de notre travail, et le prions de trouver ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance.

Nous remercions également M. le chef de travaux agrégé SIMONNET qui a toujours été pour nous un excellent maître, qu'il veuille bien accepter ici nos sentiments d'affectueuse gratitude.

PREMIERE PARTIE

INFLUENCE DES SAISONS SUR LA SENSIBILITE DE L'ORGANISME A L'INTOXICATION PROTEIQUE EN PRESENCE DE VITAMINES

a) Technique des expériences

Les animaux choisis sensiblement de même poids, sont placés dans des cages en tôle et fil de fer galvanisés pendant toute la durée de l'expérience. Ces cages de forme parallélépipédique sont munies d'un couvercle et contiennent une mangeoire accrochée aux parois et un cristalliseur en verre renfermant de l'eau.

A la partie inférieure existe un plateau destiné à recevoir l'urine et les excréments. Le nettoyage des cages et des plateaux est effectué quotidiennement.

Les sujets sont pesés tous les deux ou trois jours, la nourriture leur est donnée à discrétion. Les rats sont divisés en deux lots, ceux du premier lot reçoivent une ration contenant des vitamines, alors que ceux du second ont la même nourriture, mais dépourvue de vitamines.

L'ovalbumine utilisée a été tantôt une ovalbumine inodore, n'ayant subi aucune altération, tantôt une ovalbumine légèrement altérée à l'air et à l'humidité et ayant subi probablement un commencement d'hydrolyse. Cette albumine était d'ailleurs malodorante. La nature de cette altération ne paraît pas être, en effet, d'origine microbienne, car en arrosant de l'ovalbumine non altérée en poudre avec une solution d'ovalbumine putréfiée, et en desséchant à l'étuve à 38°, nous n'avons pas du tout obtenu les mêmes effets.

Les régimes avec et sans vitamines avaient la composition suivante.

<i>Régime avec vitamines</i>		<i>Régime sans vitamines</i>	
Ovalbumine	86 %	Ovalbumine	96 %
Mélange salin d'Osborne et Mendel	4 %	Mélange salin d'Osborne et Mendel	4 %
Vitamine { A	5 %		
B	5 %		

La vitamine A. était donnée sous forme de poudre d'épinards desséchés à l'étuve à 38° et la vitamine B. sous forme de levure de bière desséchée.

b) Exposé des résultats

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux dans lesquels nous donnons pour chaque rat le poids au début de l'expérience, le poids au moment de la mort, la survie des animaux en jours et la perte de poids au moment de la mort.

c) Analyse des résultats

Dans tous les cas, qu'il s'agisse de rations avec ou sans vitamines, la survie a présenté un minimum au printemps.

L'influence saisonnière, constatée par Maignox, s'exerce donc encore lorsque l'ovalbumine est additionnée de vitamines, mais dans ce dernier cas, la survie est augmentée.

Avec l'ovalbumine non altérée, la survie moyenne a été sans vitamine de 17 jours et demi en décembre ; de 7 jours en avril ; de 18 jours en mai et de 40 jours en juin. Avec vitamines elle a été de 70 jours en décembre, de 36 jours en avril et de plus de 68 jours en juin.

Les vitamines A. et B. stimulent l'appétit, permettent une ingestion plus importante et probablement une meilleure utilisation.

Les expériences faites simultanément avec de l'ovalbumine légèrement altérée, mal conservée, pulvérulente et malodorante, montrent que celle-ci est plus toxique. Les survies corres-

pondantes sont toujours plus courtes. Dans les expériences sans vitamines, le raccourcissement se fait surtout sentir en été et en hiver, aux époques de longues survies, tandis que les courtes survies du printemps sont peu modifiées.

L'addition de vitamines ne supprime donc pas les courtes survies de printemps et par conséquent la plus grande sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique à cette époque.

La plus grande toxicité de l'ovalbumine légèrement altérée à l'air humide, albumine qui est pulvérulente et malodorante, n'est pas due à la présence de produits de la putréfaction, car l'ovalbumine non altérée, arrosée plusieurs fois avec une solution putréfiée d'ovalbumine et desséchée à l'étuve à 38°, ne donne pas des survies plus courtes que l'ovalbumine non altérée. Il est probable que l'altération lente de l'ovalbumine à l'air humide est un phénomène d'hydrolyse peut-être microbien, qui libère des produits de dégradation toxiques.

d) Symptomathologie et cause de la mort

La perte de poids commence généralement dès le début de l'expérience pour atteindre au moment de la mort 20 à 50 % du poids primitif. Elle est d'autant plus importante que la survie est plus longue. Lorsque la perte de poids atteint 40 à 50 %, l'amaigrissement prend une forme cachectique.

Aux approches de la mort, surtout aux périodes de grande toxicité de printemps, on observe des phénomènes nerveux caractérisés par une période de vive excitabilité et d'hyperesthésie, à laquelle succède brusquement le coma dans lequel les animaux succombent. On note de l'agitation, des troubles respiratoires, de la dyspnée, de la gêne et de la difficulté de la marche dans les heures qui précèdent la mort. L'animal se jette violemment sur les objets qu'on lui présente et il les mord (agitateur ou clef de fer).

La nature et l'importance des lésions au moment de la mort varient avec la durée de la survie, et par conséquent avec l'époque de l'année à laquelle l'expérience est faite.

Le signe nécropsique le plus constant est la congestion passive de tous les organes : foie, reins, poumons, appareil digestif, tissus conjonctifs, membranes séreuses, épiploon et mésentère.

La muqueuse gastro-duodénale est souvent le siège de nombreuses érosions et d'une congestion hémorragique parfois très intense. Quelquefois l'état congestif gagne tout le tractus intestinal, mais le côlon est rarement atteint.

On trouve généralement du sang en nature ou mélangé avec les matières dans la lumière intestinale et le réservoir gastrique

On note généralement de l'hypertrophie des organes : foie, rate, reins, etc...

On peut attribuer la cause de la mort à une intoxication produite par les déchets et les produits de dégradation protéique, intoxication plus intense et plus rapide au printemps. En été et en hiver, lorsque l'intoxication est plus lente, la cachexie a le temps de s'installer et la mort peut survenir par épuisement des réserves.

Le cœur reste normal, et les lésions congestives sont particulièrement intenses surtout au niveau de la muqueuse gastro-intestinale.

Les poumons n'échappent que très rarement au processus congestif. Il serait donc permis de conclure d'une façon presque définitive que l'intoxication joue un rôle capital. La mort s'explique ainsi par les lésions signalées.

Les expérimentateurs qui ont étudié la toxicité des peptones : SCHMIDT, MUELHEIM, FANO, CONTEJEAN, GROSJEAN, PROPELSKI et HUGONNENQ et MOREL, etc., ont signalé comme symptômes d'intoxication : la narcose, les troubles respiratoires, l'action vaso-dilatatrice et les hémorragies intestinales.

Ce sont précisément ces mêmes symptômes et les mêmes lésions que nous avons observés aux approches de la mort et sur le cadavre, chez les rats soumis au régime de l'ovalbumine. Ce qui confirme l'hypothèse de la mort par l'intoxication.

Résumé des expériences d'intoxication protéique Ovalbumine non altérée

AVEC VITAMINES

SANS VITAMINES

Date	N° du rat	Sexe	Poids initial	Poids à la mort	Survie en jours	Perte de poids	Dat.	N° du rat	Sexe	Poids initial	Poids à la mort	Survie en jours	Perte de poids
24-12-30	13	mâle	156	100	79, 70	35 %	24-12-30	15	mâle	148	90	19	39 %
—	14 bis	mâle	133	85	61	36 %	—	16	mâle	117	87	16	25 %
13-4-31	37	mâle	151	90	88	40 %	13-4-31	39	mâle	126	102	4	19 %
—	38	mâle	135	100	7, 36	25 %	—	40	mâle	147	112	5	31 %
20-4-31	38 bis	mâle	160	105	13	34 %	18-4-31	39 bis	mâle	156	115	10	26 %
							—	40 bis	mâle	142	108	11	23 %
							29-4-31	39 ter	mâle	125	90	10	28 %
							—	40 ter	mâle	124	95	3	23 %
							2-5-31	40 4	mâle	140	86	18	38 %
4-6-31	43	féfelle	153	183 (sacrifié)	plus de 68 jours		4-6-31	44	féfelle	147	78	40	46 %
Ovalbumine non altérée, additionnée de produits de la putréfaction													
13-4-31	35	mâle	144	95	8	34 %	13-4-31	36	mâle	145	100	8	31 %
22-4-31	35 bis	mâle	218	153 (sacrifié)	plus de 111 jours		22-4-31	36 bis	mâle	220	133	18	39 %

Résumé des expériences d'intoxication protéique Ovalbumine légèrement altérée

AVEC VITAMINES

SANS VITAMINES

Date	N° du rat	Sexe	Poids initial	Poids à la mort	Survie en jours	Perte de poids	Date	N° du rat	Sexe	Poids initial	Poids à la mort	Survie en jours	Perte de poids
7-2-31	23	mâle	127	95	4	25 %	7-2-31	25	mâle	142	97	3	31 %
—	24	mâle	146	27	7	33 %	—	26	mâle	123	82	3	33 %
11-2-31	23 bis	mâle	127	91	3	28 %	11-2-31	29	mâle	141	98	6	30 %
15-2-31	31	femelle	156	115	3	26 %	—	30	mâle	150	108	5	28 %
—	32	femelle	175	122	6	30 %	—	—	—	—	—	—	—
13-4-31	33	mâle	150	125	3	16 %	13-4-31	34	mâle	143	103	4	27 %
18-4-31	41	mâle	183	137	5	25 %	18-4-31	42	mâle	181	130	7	28 %
26-4-31	43	mâle	222	160	4	27 %	26-4-31	44	mâle	225	155	7	31 %
4-6-31	45	mâle	147	108	7	26 %	1-6-31	46	femelle	147	112	12	23 %
11-6-31	45 bis	femelle	142	105	4	26 %	17-6-31	48	mâle	176	119	6	32 %
17-6-31	47	mâle	168	110	11	34 %	23-6-31	48 bis	mâle	175	120	15	31 %

DEUXIEME PARTIE

INFLUENCE DE L'ADDITION DE VITAMINES AUX RATIONS OVALBUMINE-GRAISSE, OVALBUMINE-GLUCIDES SUR LES PERIODES DE FIXITE DE POIDS ET DE SURVIE CHEZ LE RAT BLANC

a) Technique des expériences

Les animaux choisis approximativement de même poids sont mis dans des cages dont la description a été faite antérieurement (page 17).

L'ovalbumine utilisée a été tantôt de l'ovalbumine exempte de toute altération, tantôt de l'ovalbumine ayant subi une légère altération à l'air humide (pulvérulente et malodorante).

Les glucides étaient donnés sous la forme d'un mélange parties égales par tiers, d'amidon, de dextrine et de saccharose.

Le régime contenant une faible proportion de matières protéiques avait la composition centésimale suivante.

Régime avec vitamines

Ovalbumine 1 partie	43 %	Ovalbumine 1 partie.....	27,1 %
Graisse 1 —	43 %	Glucides 2,17	58,8 %
Mélange salin d'Osborne et Mendel	4 %	M. S.	4 %
Vitamines { A poud. épinard	5 %	Vitamines { A	5 %
{ B lev. desséch.	5 %	{ B	5 %
Ovalbumine 1 partie	43 %		
Glucides 1 —	43 %		
Mélange salin	4 %		
Vitamines { A poudre d'épinard	5 %		
{ B levure de bière desséchée	5 %		

Régime sans vitamines

Ovalbumine 1 partie	48,0 %	Ovalbumine 1 partie.....	48 %
Glucides 1 —	48,0 %	Graisse bicarbonatée 1 p...	48,0 %
Mélange salin	4 %	Mélange salin	4 %

Les régimes contenant une forte proportion de matières protéiques avaient la composition centésimale suivante.

Régime avec vitamines

Ovalbumine 1 partie	57,35 %	Ovalbumine 1 partie	40,80 %
Graisse 1/2 —	28,65 %	Glucides 1,08 environ....	45,20 %
Mélange salin	4 %	Mélange salin	4 %
Vitamines { A	5 %	Vitamines { A	5 %
B	5 %	B	5 %

Ovalbumine 1 partie ...	68,8 %	Ovalbumine 1 partie	55,70 %
Graisse 1/4 —	17,2 %	Glucides 1/2 environ.	30,30 %
Mélange salin	4 %	Mélange salin	4 %
Vitamines { A	5 %	Vitamines { A	5 %
B	5 %	B	5 %

b) Exposé des résultats

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux donnant le poids initial de l'animal, la durée de l'expérience, la période de fixité de poids, de survie, la quantité moyenne d'ovalbumine ingérée par jour et la ration ingérée exprimée en calories.

c) Analyse des résultats

Expérience du 21 janvier et 18 février 1930.

Dans l'expérience avec vitamines, la survie et la fixité de poids sont beaucoup plus longues avec la graisse qu'avec les glucides, surtout si l'on envisage les rations à substitutions ternaires isodynamos, substitution qui se fait sensiblement dans la proportion de 2 à 1.

Dans l'expérience sans vitamines, la fixité de poids n'est pas obtenue, mais la survie est deux fois plus longue avec la graisse qu'avec les glucides.

Si l'on compare maintenant les rats correspondants, avec et sans vitamines, on constate que la survie est beaucoup plus longue, plus du double, pour les rations avec vitamines que pour les rations sans vitamines, aussi bien avec la graisse qu'avec les glucides. Les sujets mangent davantage, l'appétit est augmenté.

EXPERIENCE I
du 21 Janvier 1930
Ovalbumine non altérée

AVEC VITAMINES

Régime	Nombre de rats	Poids initial	Fixité de poids en jours	Survie en jours	Ovalbumine ingérée en grs par jour	Ration assimilée en calories par jour
Partie						
{ Ovalb. 1	2	175	95	118	4,22	51,22
{ Graisse 1						
{ Ovalb. 1	2	167	76	116	6,03	50,45
{ Glucides 1						
{ Ovalb. 1	3	167	44	68	4,38	53,95
{ Glucides 2,17						

Expérience du 18 Février 1930

SANS VITAMINES

Partie						
{ Ovalb. 1	3	180	0	62	3,32	40
{ Graisse 1						
{ Ovalb. 1	3	180	0	32	4,3	32,8
{ Glucides 1						

Expérience du 18 mai 1930.

Les animaux ayant dû être sacrifiés au bout de deux mois, le 19 juillet, l'expérience n'a pu donner tous ses résultats ;

néanmoins elle permet de conclure à une fixité de poids et une survie beaucoup plus longue avec vitamines que sans vitamines et pour les rations sans vitamines à une fixité de poids et une survie bien plus longue avec la graisse qu'avec les glucides.

EXPERIENCE II

du 18 Mai 1930

Ovalbumine non altérée

AVEC VITAMINES

Régime	Nombre de rats	Poids initial	Fixité de poids en jours	Survie en jours	Ovalbumine ingérée en grs par jour	Ration assimilée en calories par jour
Partie						
(Ovalb. 1	2	142	Pl. de 60	Pl. de 62	2,80	34,03
(Graisse 1						
(Ovalb. 1	2	147	—	—	4,86	36,78
(Glucides 1						
(Ovalb. 1	2	135	—	—	3,28	40,00
(Glucides 2,17						
Animaux sacrifiés le 18 juillet 1930, tous en pleine fixité de poids.						
SANS VITAMINES						
Partie						
(Ovalb. 1	2	140	17	Pl. de 50	1.97	22,21
(Graisse 1						
(Ovalb. 1	2	149	0	41	4.95	37.53
(Glucides 1						
Le survivant est sacrifié le 19 juillet 1930.						

Expérience du 24 décembre 1930.

Pour les rations avec vitamines, l'augmentation de poids, la durée de la fixité du poids et la durée de la survie sont

maxima avec la graisse malgré des ingesta nettement moindres.

Pour les rations sans vitamines, la survie est également plus longue avec la graisse pour des ingesta presque moitié moindres. Toujours la fixité de poids et la survie sont beaucoup plus longues avec vitamines et cela aussi bien pour les rations ovalbumine-graisse qu'ovalbumine-glucides. Les sujets qui reçoivent des vitamines mangent beaucoup plus.

EXPERIENCE III

du 24 Décembre 1930

Ovalbumine non altérée

AVEC VITAMINES

Régime	Nombre de rats	Poids initial	Fixité de poids en jours	Survie en jours	Ovalbumine ingérée en grs par jour	Ration assimilée en calories par jour	Augmentation maxima de poids
Partie							
{ Ovalb. 1							
{ Graisse 1	3	150	148	156	3,72	45,20	39 %
{ Ovalb. 1							
{ Glucides 1	2	159	22	87	8,95	67,71	3 %
{ Ovalb. 1							
{ Glucides 2,17	2	163	80	121	4,46	54,09	16 %
SANS VITAMINES							
Partie							
{ Ovalb. 1							
{ Graisse 1	3	124	0	28	2,25	27,37	0 %
{ Ovalb. 1							
{ Glucides 1	2	148	0	21	6,34	47,97	0 %

Expérience du 6 février 1931.

Dans l'expérience avec vitamines pour laquelle les rations contiennent une forte proportion d'ovalbumine, la fixité de

poids et la survie sont toujours beaucoup plus longues avec la graisse qu'avec les glucides.

Dans l'expérience sans vitamines, pas de fixité de poids, mais la survie est toujours beaucoup plus longue avec la graisse.

EXPERIENCE IV

du 14 Février 1931

Ovalbumine non altérée

AVEC VITAMINES

Régime	Nombre de rats	Poids initial	Fixité de poids en jours	Survie en jours	Ovalbumine ingérée en grs par jour	Ration assimilée en calories par jour
Partie						
{Ovalb. 1				Plus de		
{Graisse 1/2	2	183	80	148	6.67	71.26
{Ovalb. 1						
{Glucides 1	2	192	48	95	7.96	62.98

Expérience du 6 Février 1931

SANS VITAMINES

Partie						
{Ovalb. 1						
{Graisse 1	2	190	0	81	3.85	46.75
{Ovalb. 1						
{Glucides 1	1	185	0	21	4.8	36.28

Expériences des 8 mars et 3 mai 1931.

Ces expériences, toutes deux avec vitamines, portent sur des rations trop riches en ovalbumine et par conséquent pauvres en substances ternaires (1/4 de graisse ou 1/2 de glucides pour 1 partie d'ovalbumine). La première effectuée en mars n'a pas donné de période de fixité de poids, mais la survie

a été beaucoup plus longue avec la graisse qu'avec les glucides (plus du double).

La seconde effectuée en mai a donné une survie et une fixité de poids beaucoup plus longue avec la graisse qu'avec les glucides.

EXPERIENCE V

du 8 Mars 1931

Ovalbumine légèrement altérée

AVEC VITAMINES

Régime	Nombre de rats	Poids initial	Fixité de poids en jours	Survie en jours	Ovalbumine ingérée en grs par jour	Ration assimilée en calories par jour
Partie						
{Ovalb. 1						
{Graisse 1/4	2	157	0	64	13,36	74,60
{Ovalb. 1						
{Glucides 1/2	2	151	0	30	12,95	72,56

EXPERIENCE VI

du 3 Mai 1931

AVEC VITAMINES

Partie						
{Ovalb. 1						
{Graisse 1/4	3	163	22	58	9,40	52,45
{Ovalb. 1						
{Glucides 1/2	4	134	9	36	8,80	49,04

Dans toutes les expériences, avec ou sans vitamines, les périodes de fixité de poids et la survie ont donc toujours été beaucoup plus longues avec la graisse qu'avec les glucides.

d) Symptomatologie et cause de la mort

Les lésions observées sont variables. Dans la majorité des cas on constate de la gastro-duodénite hémorragique intense ou légère, de la congestion du poumon et d'autres organes, tels que la rate, les reins, le mésentère, l'épiploon, les membranes séreuses, etc...

D'autres lésions sont inconstantes et sont de deux ordres, suivant qu'elles portent sur des rats recevant ou non des vitamines.

Nous n'avons pas l'intention d'entrer dans le détail des symptômes et des troubles produits au cours de l'avitaminose, mais nous signalerons quelques points particuliers qui sont plus intéressants à retenir. Nous avons noté assez souvent des abcès pulmonaires chez des rats recevant de la vitamine A ou facteur antixérophtalmique indispensable pour le développement et la croissance.

Nous avons observé six cas d'abcès pulmonaires dont un chez le rat N° 2 recevant une ration composée d'ovalbumine-graisse, parties égales, additionnée de mélange salin d'Osborne et Mendel et des vitamines A. et B.

Les cinq autres cas ont été observés chez les animaux (N°s 4, 6, 6 bis, 27, 30) dont la ration était composée d'ovalbumine et de glucides additionnée de mélange salin et de vitamine A. et B.

A l'examen microscopique du pus provenant de ces abcès, on trouve généralement de fins bacilles gram négatif, quelques diplocoques, surtout des staphylocoques et très peu de streptocoques.

Ces constatations montrent que la vitamine A. ne joue aucun rôle anti-infectieux à l'égard des abcès du poumon. Malgré sa présence, les animaux ne présentent aucune résistance à l'infection pulmonaire, contrairement à la théorie admise par : DRUMOND, CRAMER, KINGBUR, STEENBACK, SHERMAN.

Les lésions d'avitaminose chez les rats auxquels on administrait des aliments dépourvus de vitamines consistent en des

troubles de la cornée, des lésions de Kératite alimentaire ou de la xérophthalmie à des degrés et intensités variables.

Nous avons noté huit cas de lésions cornéennes, dont cinq chez les rats à régime composé d'ovalbumine-graisse et trois chez les rats recevant un régime composé d'ovalbumine-glucides.

Nous avons observé, en outre, des lésions cutanées, dépilations localisées au début et se généralisant progressivement. La peau est rouge, congestionnée, couverte de croûtes, formant des plis transversaux parallèles d'aspect semblable à la pelagre.

N° des rats	Régime	Début de xérophthalmie
7	ovalbumine graisse	84 ^e jour de l'expérience
8	— —	28 ^e — —
8 bis	— —	53 ^e — —
36	— —	14 ^e — —
41	— —	57 ^e — —
9	ovalbumine glucides	24 ^e — —
34	— —	24 ^e — —
38	— —	12 ^e — —

Ces accidents qui peuvent être dus à une carence minérale sont traités par l'administration de bicarbonate de soude qui produit une grosse amélioration en même temps que disparaît l'acidurie qui peut être une des causes de ces accidents. Ces troubles sont observés indifféremment sur les rats recevant des rations avec ou sans vitamines.

Nous avons constaté en outre quelques cas de paralysie de la verge, et pensé à administrer de la vitamine E que nous avons préparée de la manière suivante.

Les germes de blé sont mis à macérer dans de l'éther pendant quelques heures. Par décantation on obtient un liquide jaunâtre. Après distillation de l'éther, il reste une huile de couleur légèrement rouge marron que l'on mélange à un volume égal d'huile d'arachide et administrée en gouttes aux animaux. Les résultats obtenus sont trop peu nombreux pour

en tirer une conclusion définitive, mais nous nous proposons de poursuivre ces recherches et d'en publier les résultats ultérieurement.

Cause de la mort

Les lésions congestives et hémorragiques produites par l'intoxication protéique sont les causes essentielles de la mort. De plus, en l'absence de vitamines, l'inanition et l'avitaminose entrent également en ligne de compte. Les lésions de gastro-duodénite hémorragique, de congestion intestinale, de congestion passive des organes (poumons, foie, rate, reins, mésentère, épiploon, etc.) sont constantes et expliquent la mort.

D'autre part, des phénomènes d'intoxication du système nerveux central qui se traduisent par de l'hyperesthésie, de l'hyperexcitabilité, du coma avec troubles respiratoires, de l'incoordination des mouvements, précèdent la mort et expliquent la gravité de l'atteinte générale de l'organisme.

TROISIEME PARTIE

DETERMINATION DE LA SUPERIORITE DES GRAISSES DANS L'UTILISATION DES PROTEINES PAR LA METHODE DES BILANS AZOTES

Etablissement des bilans azotés. — Technique des expériences

Les recherches qui font l'objet de ce travail ont porté sur le rat blanc. Nous avons choisi cet animal parce qu'il est omnivore et que l'on peut facilement lui faire ingérer une ration composée d'éléments purifiés. C'est en outre, un animal très prolifique dont il est facile d'obtenir des lots homogènes composés de sujets ayant à peu près le même poids.

Préparation des animaux. — Les rats choisis approximativement de même poids, sont soumis pendant une période préparatoire au même régime que celui qui leur sera imposé pendant l'expérience. Cette préparation dont la durée varie de cinq à quatorze jours, est absolument indispensable pour habituer les animaux au nouveau régime, et obtenir la fixité de leur poids. Sinon, les variations de poids susceptibles de se produire pendant l'expérience compliqueraient l'interprétation des résultats.

On constate généralement, dès le début, une chute importante du poids, qui ne tarde pas à se stabiliser. Souvent même on observe un relèvement brusque jusqu'à la valeur initiale.

Lorsque l'équilibre pondéral est obtenu, les animaux sont prêts pour l'expérience.

Les rats sont placés dans des cages du type Mac Collum et sont pesés tous les deux ou trois jours pendant la période préparatoire, tandis qu'ils ne le sont plus que deux fois pendant

toute la durée de l'expérience : au début et à la fin, et cela en vue d'éviter la perte d'urine au cours de la pesée.

Préparation des rations. — Les rations utilisées sont des mélanges *ovalbumine-graisse* et *ovalbumine-glucides* additionnés de sels minéraux et de vitamines.

L'ovalbumine est le produit commercial en écailles. Finement broyée au moulin, elle est portée ensuite à l'étuve à 105° pendant 24 à 30 heures pour faire disparaître son humidité et toute trace d'odeur.

La graisse est du saindoux ordinaire qui est pratiquement dépourvu de vitamine A.

Les glucides utilisés sont l'amidon, la dextrine, le glucose ou le saccharose du commerce, administrés à parties égales.

COMPOSITION DES RÉGIMES

Les régimes que nous avons employés dans nos expériences diffèrent par la proportion d'ovalbumine qui est faible ou forte.

a) *Régime renfermant une faible proportion d'ovalbumine :*

Ovalbumine 1 partie	26,24 %	Ovalbumine 1 partie	17,6 %
Saindoux 2 —	52,48 %	Glucides 4 —	70,4 %
Saccharose 1/4 —	6,55 %	M. S.	4 %
Mélange salin d'Osborne		Vitamine { A	5 %
et Mendel (1).....	4 %	{ B	5 %
Vitamine { A	5 %		
{ B	5 %		

(1) « Artificiel protéine free milk » d'Osborne et Mendel dont la composition est la suivante :

caco ³	134,8	H ³ P.O. ⁴	103,2	Citrate de fer	6,34
Mgco ³	24,2	Hcl	53,4	K. I.	0,020
na ² co ³	34,2	H ² so ⁴	9,2	M. N. so ⁴	0,079
K ² CO ³	141,2	Acid. citr.		NAF.	0,248
		Cristallisé	11,1	A.I.K. (SO ⁴) ²	0,0245

b) Régime renfermant une forte proportion d'ovalbumine :

Ovalbumine 1 partie ..	57,35 %	Ovalbumine 1 partie	40,77 %
Saindoux 1/2 — ...	28,675 %	Glucides 1,08 —	44,85 %
Mélange salin	4 %	Mélange salin	4 %
Vitamine { A	5 %	Vitamine { A	5 %
B	5 %	B	5 %

La vitamine A est donnée sous forme de poudre d'épinard dont voici la préparation. L'épinard est desséché à l'étuve à 38° pendant 30 à 40 heures. Les feuilles sont débarrassées de leur pétiole et de leurs nervures, puis pulvérisées finement.

PRÉPARATION DU MÉLANGE OVALBUMINE-GRAISSE

On malaxe dans un mortier, en porcelaine ou en verre, le saindoux, en ajoutant peu à peu la poudre d'ovalbumine, de sels minéraux et de vitamines, jusqu'à ce que celles-ci soient uniformément réparties. On obtient ainsi une pâte très bien acceptée par les rats.

PRÉPARATION DU MÉLANGE OVALBUMINE-GLUCIDES

On mélange intimement la poudre d'ovalbumine, de sels minéraux, d'amidon, de dextrine, de sucre ou de glucose, et on ajoute les vitamines. Lorsque le mélange est bien homogène, on le met dans une capsule de porcelaine recouverte d'une plaque de verre, et on le distribue à l'aide d'un verre de montre placé dans la capsule.

DÉTERMINATION DE L'AZOTE TOTAL CONTENU DANS LA RATION

On prélève un échantillon de deux grammes environ d'ovalbumine prête à être utilisée. Puis on pèse successivement les

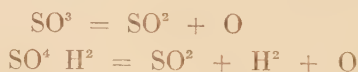
on mélange des acides, ajouter les carbonates, puis le citrate de fer. Les quatre derniers ingrédients sont ajoutés à l'état de solution diluée. Le tout est ensuite évaporé à 90-100° après dessiccation on le réduit en poudre fine.

quantités d'ovalbumine qui doivent être incorporées dans les différentes rations de l'expérience.

Les pesées sont effectuées rapidement, car la poudre d'albumine d'œuf est très hygroscopique.

Dans un ballon dit de Kjeldahl de 500 centimètres cubes, on introduit l'échantillon préalablement pesé dans la balance de précision, avec 30 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré pur à 66°. On porte le tout à l'ébullition. Par chauffage prolongé avec de l'acide sulfurique, les substances organiques subissent des altérations chimiques profondes dont le résultat final est la totale destruction des dites substances. Le carbone et l'hydrogène sont brûlés en anhydride carbonique et en eau sous l'action oxydante de l'acide sulfurique, lequel se trouve de ce fait partiellement réduit en anhydride sulfureux.

La formation de celui-ci est dûe à l'oxydation par l'anhydride sulfurique.



Aussitôt que l'évaporation de l'eau s'achève, des fumées blanches apparaissent, c'est alors que l'on place sur l'ouverture du ballon un petit entonnoir à douille taillée en biseau pour permettre aux vapeurs sulfuriques condensées de retomber dans le ballon.

On règle alors le feu de façon à avoir une ébullition tranquille mais continue et bien marquée, en évitant qu'elle ne s'accompagne d'un dégagement, hors du ballon, de vapeurs blanches, épaisses, trop abondantes. Peu à peu le liquide d'abord noir, devient rouge, jaune, jaune ambré et enfin s'éclaircit et devient incolore et limpide au bout de huit à dix heures.

L'attaque gagne à être prolongée après décoloration, d'un temps égal à celui qui s'est écoulé depuis le début de l'expérience, et cela en vue d'obtenir une transformation complète de l'azote en ammoniacque. « En effet, au cours de la destruc-

tion sulfurique des molécules organiques, on désire détacher tous les atomes d'azote de leurs diverses liaisons pour les saturer d'hydrogène et en faire de l'ammoniaque. On conçoit donc que la création d'un milieu réducteur au sein de l'acide sulfurique ne puisse que favoriser un tel processus. »

Lorsque la transformation est terminée, on refroidit le ballon en le mettant sous un robinet d'eau froide et en agitant pendant quelques minutes. Après refroidissement, on transvase le contenu dans un matras jaugé de 500 centimètres cubes et, avec les eaux du rinçage du premier récipient, on remplit le matras jusqu'au trait de jauge, on agite ensuite pour bien homogénéiser le contenu.

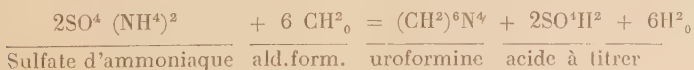
On en prélève 25 centimètres cubes à l'aide desquels on effectue le dosage de l'azote ammoniacal par la méthode de formol titration de ROUCHÈSE (1). Le liquide prélevé est mis dans une fiole conique d'Erlenmayer, avec 4 ou 5 gouttes d'une solution de phénolphtaléine à 2 %. La première neutralisation est effectuée en versant goutte à goutte de la lessive de soude non carbonatée (D. = 1,33) jusqu'à ce qu'il se forme une coloration faiblement rosée qu'on fait aussitôt disparaître par addition d'une ou deux gouttes d'acide sulfurique à 1/5.

La nouvelle acidité est alors exactement neutralisée en versant goutte à goutte de la soude décimale jusqu'à teinte rose pâle. La deuxième opération consiste à ajouter une ving-

(1) Il est indispensable dans cette méthode d'opérer en milieu parfaitement neutre. La neutralité est réalisée en présence de la phénolphtaléine.

L'addition de formol neutre (2) donne avec l'ammoniaque de l'examéthylène tetramine (uroformine) inactive sur la phthaléine.

Le mélange devient acide à la phthaléine par la mise en liberté de tout l'acide uni à l'ammoniaque. Alors que l'acide de sulfate d'ammoniaque est libéré, on le titre au moyen d'une solution de soude décimale.



taine de centimètres cubes de la solution de formol (2). C'est alors qu'on verse de nouveau à l'aide d'une burette graduée de la soude décinormale jusqu'à teinte rose franc. La formule suivante permet de calculer en gramme l'azote de la prise d'essai.

$$4 \text{ grs} = \frac{(N + 1)}{30} \times 0,001446 \quad N = \text{nombre de cc de soude décinormale.}$$

Connaissant la richesse en azote de l'échantillon d'ovalbumine, il est alors facile de calculer l'azote contenu dans les diverses rations à condition toutefois qu'elles soient confectionnées et distribuées sans aucune perte.

LES CAGES ET LA RÉCOLTE DES EXCRETA

Les animaux, après avoir été pesés, sont placés individuellement dans des cages, système Mac Collum. Celles-ci sont formées d'un corps cylindrique en métal galvanisé dont le fond est muni d'une grille posée sur trois crochets, elles sont placées sur des entonnoirs en verre.

Ce genre de cage a le grand avantage de permettre de recueillir l'urine au fur et à mesure de son émission. L'urine s'écoule dans un flacon contenant 10 à 15 centimètres cubes d'eau chloroformée à égal volume, placé au-dessous de la cage, afin d'éviter toute altération et fermentation ammoniacale. Le flacon est fermé par un bouchon percé dans son centre d'un orifice dans lequel passe la douille d'un petit entonnoir

(2) Le formol s'obtient de la manière suivante :

Aldehyde formique du commerce	1 volume
Eau distillée	1 —

mélanger le formol et l'eau, ajouter une vingtaine de gouttes de la solution alcoolique de phénolphatalcéine et verser goutte à goutte de la soude décinormale jusqu'à coloration rosée. Cette solution se décolore assez rapidement par suite de la formation d'acide formique, il faut, au moment de s'en servir, la ramener au rose par l'addition de quelques gouttes de soude décinormale.

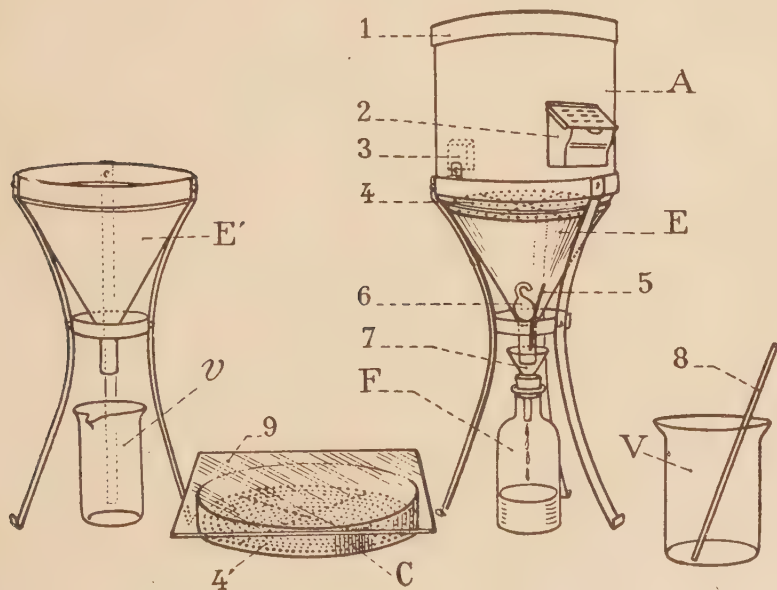
(v. fig. 1). Une boule de verre, placée au fond de l'entonnoir, empêche les matières fécales et les débris alimentaires de tomber dans l'urine.

Une baguette de verre effilée est placée entre l'entonnoir et la boule pour faciliter l'écoulement de l'urine.

L'urine demeurée adhérente à l'entonnoir, et les matières accumulées au niveau de la boule sont entraînées par plusieurs jets de pissette donnés au cours de la journée. De plus il est indispensable d'agiter les flacons à urine plusieurs fois par jour pour faciliter la répartition de l'antiseptique dans les parties supérieures du liquide récemment écoulé.

La nourriture est donnée dans une mangeoire fixée à la face antéro-inférieure de la cage (fig. 1).

Les rats transportent quelquefois leur nourriture en dehors de leur mangeoire. Des parcelles alimentaires tombent dans



1. Couvercle. — 2. Mangeoire. — 3. Abreuvoir. — 4 et 4'. Grilles. — 5. Baguette de verre. — 6. Boule pédiculée — 7. Petit entonnoir. — 8. Agitateur. — 9. Plaque de verre.

l'entonnoir et vont s'accumuler autour de la boule. L'urine, en passant, peut dissoudre une certaine quantité d'albumine et l'entraîne avec elle. De cette façon le taux d'azote urinaire est augmenté et devient inexact. Mais grâce à l'addition judicieuse de 7 centimètres cubes environ d'acide trichloracétique à 20 % et de 3 centimètre cubes environ de solution saturée de sulfate de magnésie à l'urine recueillie et conservée dans l'eau chloroformée à la fin de l'expérience, on remédie à cet inconvénient. L'albumine dissoute est coagulée et après deux heures de contact, l'urine est centrifugée et séparée complètement du précipité albumineux.

Les cages et les entonnoirs sont nettoyés une fois par jour. Nous avons adopté, pour quatre rats, le dispositif suivant qui permet un nettoyage complet tout en évitant les pertes d'excréta.

Quatre cages (A) sont placées sur quatre entonnoirs (E) retenant les rats en expérience. Devant les cages se trouvent quatre entonnoirs (E') prêts à les recevoir et à côté de chaque cage un large cristalliseur (C) recouvert d'une grande plaque de verre, contenant de l'eau chloroformée, dans laquelle baigne la grille de l'appareil utilisé la veille.

Le nettoyage de la cage se fait de la manière suivante. Les grilles des cristalliseurs débarrassées de leurs matières fécales sont déposées sur les entonnoirs (E') où elles s'égouttent dans les vases (v) placés au-dessous. Les abreuvoirs, petits cristalliseurs en verre épais, sont enlevés, puis le rat est soulevé et maintenu constamment au-dessus de la cage, afin que l'urine soit recueillie en cas de miction.

La grille souillée est enlevée et déposée dans le cristalliseur tandis que celle qui en sort lavée et égouttée est installée à sa place. Le rat est déposé sur la grille de même que l'abreuvoir dont on a renouvelé l'eau.

On procède de la même façon pour les autres cages. Ensuite on interchange rapidement les flacons à urine (F) qui sont sous les entonnoirs (E) avec cages (A), et les vases à crottes (v), qui

sont sous les entonnoirs (E'), vases qui ont déjà recueilli le liquide provenant des grilles égoutées. Un fort coup de pissette entraîne les résidus restés sur la base de la cage, lesquels tombent ainsi dans les vases à crottes (v).

Les cages (A) sont ensuite transportées rapidement sur les entonnoirs libres (E') au fond desquels on place les flacons à urine. Il ne reste plus qu'à nettoyer les entonnoirs découverts (E) à l'aide d'une spatule en verre et d'un jet de pissette. Les crottes sont ainsi poussées dans les vases (v) que l'on vide ensuite dans un plus grand récipient (V) contenant de l'acide sulfurique pur. La boule et la baguette sont également rincées et nettoyées au même moment.

De cette façon, les excréta sont parfaitement recueillis sans la moindre perte ni fermentation. Un nettoyage de ce genre nécessite environ une demi-heure.

A la fin de l'expérience, les cristallisoirs ayant servi au lavage des grilles sont vidés dans les grands récipients et soigneusement rincés. Les eaux de lavage de mortier, pilon, capsule, verre de montre et tous objets ayant servi à la préparation et distribution des aliments ainsi que le culot de centrifugation des urines y sont déposés. De cette manière nous obtenons en fin des expériences une série de vases contenant les crottes et les résidus alimentaires, et une série de flacons renfermant les urines purifiées.

TRAITEMENT DES EXCRETA

1° *Dosage de l'azote total des urines.* — Ce dosage est précédé de la destruction des substances azotées par la méthode de Kjeldahl. Cette méthode se prête admirablement au travail en série.

Il faut tout d'abord assurer la transformation de l'azote organique en ammoniacque, puis doser l'ammoniacque ainsi produite. Le point essentiel est, qu'au cours de l'oxydation sulfurique, la totalité de l'azote soit transformé en ammoniacque

et qu'on n'assiste à aucune production soit des composés oxygénés de l'azote, soit d'azote libre provenant d'une oxydation de l'ammoniaque préalablement formée.

Par adjonction à l'acide sulfurique de substance réductrices telle que l'oxalate neutre de potassium on favorise considérablement le processus de destruction sulfurique. L'oxalate de potassium est un corps réducteur qui facilite la transformation en ammoniaque (NH_3) et évite les pertes d'azote, il augmente le point d'ébullition de l'acide sulfurique. Ce sel agit tant par sa propriété réductrice énergique que par l'action catalytique du sulfate de potassium qu'il engendre.

L'urine récoltée pendant cinq à sept jours est centrifugée, le liquide limpide est amené à un volume de 250 centimètres cubes par addition d'eau distillée. On prélève 2 centimètres cubes du mélange pour le dosage.

On introduit donc ces 2 centimètres cubes de liquide urinaire dans un ballon Kjeldahl de 50 centimètres cubes avec 1 cc. 5 d'oxalate neutre de K. à 30 % et 1 cc. 5 d'acide sulfurique pur. On chauffe le tout, et on observe au bout de quelques minutes des vapeurs blanches denses, on place alors un petit entonnoir sur le goulot du ballon. Le contenu noircit peu à peu par la mise en liberté de carbone qui réagit sur l'acide sulfurique pour donner naissance à un gaz sulfureux.



Puis le liquide devient jaune et enfin se décolore au bout de deux à trois heures.

On refroidit le ballon, et verse son contenu avec les eaux de rinçage dans une fiole conique d'Erlenmayer, et on dose l'ammoniaque sur la totalité.

On neutralise ce liquide ammoniacal et on titre avec de la soude décimale après avoir ajouté 20 centimètres cubes de formol neutre comme il a été dit précédemment (page 38).

2° *Dosage de l'azote total des matières fécales et résidus alimentaires.* — Les excréments et les parcelles alimentaires sont recueillis et conservés, aussitôt après leur récolte dans des

vases à filtration de contenance d'un litre, auxquels on ajoute quotidiennement une quantité d'acide sulfurique égale à 10 ou 15 centimètres cubes, afin de prévenir toute fermentation et tout départ d'ammoniaque.

Les résidus alimentaires, les fèces, les eaux du lavage des grilles, et le culot de la centrifugation des urines, font l'objet d'une seule analyse.

Ces matières sont mises dans des capsules de porcelaine d'un litre, et chauffées jusqu'à ce que l'eau soit entièrement évaporée. Le contenu devient sirupeux, assez épais, de coloration noire. On le refroidit en le laissant à l'air pendant quelques minutes. On l'introduit alors dans un ballon Kjeldahl de 500 centimètres cubes. On racle le fond des capsules avec une spatule ou une cuillère de porcelaine pour entraîner les parcelles adhérentes aux parois. L'opération se termine par le rinçage des capsules avec de l'eau distillée. Les produits de raclage et les eaux de lavage sont ajoutés au contenu du ballon avec 30 à 40 centimètres cubes d'oxalate de K et 30 à 40 centimètres cubes d'acide sulfurique pur. Une nouvelle addition d'oxalate de K et acide sulfurique est effectuée s'il y a lieu, lorsque l'attaque ne se fait pas très bien en raison de la quantité de matières.

Le tout est porté à l'ébullition. Il s'évapore d'abord de l'eau et au bout de quelques minutes apparaît parfois une mousse abondante dans les ballons où l'on traite les matières excrémentielles provenant des rats ayant reçu des glucides. Dès que cette mousse a envahi les deux tiers de la capacité du ballon, on verse goutte à goutte dans ce dernier, sans le retirer du feu, 5 à 10 centimètres cubes d'alcool. La mousse s'affaisse aussitôt et l'évaporation de l'eau s'achève généralement sans qu'il soit besoin de nouvelles additions d'alcool (?) (DENIGÉS). L'alcool agit nullement sur le processus. Mieux vaut toutefois ne pas l'employer. Nous conseillons tout simplement de modérer le chauffage et de régler le feu de façon à avoir une ébullition tranquille, mais non pas trop forte, pendant une

ou deux heures. L'attaque se fait ensuite très bien sans que l'on n'observe une nouvelle formation de mousse. On peut alors accélérer le feu, et couvrir les ballons avec de petits entonnoirs dès l'apparition des fumées blanches. On peut encore, pour éviter les mousses, ajouter au mélange avant de chauffer une petite quantité de parafine (DENIGÉS).

La masse noire au début, devient peu à peu rouge, jaune, blanche, puis incolore. Le liquide limpide du Kjeldahl est dilué et complété à 500 centimètres cubes, et c'est sur 10 centimètres cubes de cette solution ammoniacale que l'on effectue le dosage au formol après avoir préalablement neutralisé la prise d'essai (v. page 37).

Malgré les précautions prises, il est pratiquement difficile d'empêcher complètement le dégagement des vapeurs blanches hors du ballon, pendant l'attaque sulfurique, notamment lors de l'attaque des matières fécales.

On peut employer du coton de verre que l'on place dans les entonnoirs pour empêcher la sortie des vapeurs par l'orifice de ceux-ci, et à la fin de l'attaque on rince complètement l'entonnoir, pour entraîner dans le ballon le sulfate d'ammoniaque déposé sur le coton de verre.

Ces petits moyens, tels que : l'entonnoir, la boule pédiculée, le coton de verre, etc., ne donnent pas de garantie absolue. Le mieux pour éviter les pertes d'azote est de modérer le feu. Ce n'est guère que par ce procédé que l'on peut supprimer le départ des fumées blanches, c'est pourquoi nous conseillons de mettre l'entonnoir avec ou sans coton de verre, et surtout de régler le feu de façon qu'il n'y ait aucun échappement. L'attaque est plus longue, elle peut demander plusieurs jours, mais on obtient ainsi plus de précision.

CALCUL DES RÉSULTATS

Nous connaissons, par le dosage de l'azote de l'échantillon d'ovalbumine prélevé au début de l'expérience l'azote contenu

dans les rations utilisées. Cet azote est ce que nous appelons l'*Azote ingéré*. L'azote obtenu par le dosage des crottes et des résidus alimentaires nous donne l'*Azote fécal*. Nous avons ensuite l'*Azote urinaire*. La différence entre l'*Azote ingéré* et l'azote fécal représente exactement l'azote assimilé. La différence entre l'azote assimilé et l'azote urinaire donne le bilan qui est équilibré lorsque la différence est nulle, positif ou négatif.

Exposés des résultats

Les résultats obtenus dans les diverses expériences, au cours de nos recherches, sont présentés sous forme de tableaux, dans lesquels toutes les quantités pondérales sont exprimées en grammes.

Pour faciliter la comparaison des différents chiffres obtenus sur des rats de poids différents et dans des périodes de temps variable, nous avons eu l'idée de ramener par le calcul les derniers chiffres à un poids moyen de 150 grammes et à une durée de 24 heures. Ainsi un rat de 188 grammes (moyenne de poids initial et final) ayant augmenté de 6 grammes dans une expérience de 5 jours, a gagné 1 gr. 2 par jour. Ce gain serait pour un poids de 150 grammes, de $\frac{1,2 \times 150}{188}$ c'est-à-dire de + 0 gr. 95 par jour.

Pour calculer le nombre des calories des rations, on multiplie les poids des éléments énergétiques de chaque ration par leur coefficient de combustion dans l'organisme (1).

Exemple : Ration composée de :

Ovalbumine	20 gr. $\times$ 3,68 =	73,6
Saindoux	40 gr. $\times$ 8,45 =	338,0
Sucre	5 gr. $\times$ 3,88 =	19,4

421 calories

(1) 1 gr. de matière protéique dégage	3 cal. 68
1 gr. de glucide (amidon-dextrine, glucose, sucre) ..	3 cal. 88
1 gr. de graisse	8 cal. 45

1 gramme d'azote étant contenu dans 6 gr. 25 de protéines, en divisant le poids de protéine : 20 grammes par 6 gr. 25 on obtient la quantité d'azote contenu dans la ration, soit 3 gr. 2 qui équivaut à 421 calories.

Un gramme d'azote de la ration correspond donc à

$$\frac{421}{3,2} = 131 \text{ calories.}$$

En multipliant par 131 calories le nombre de grammes d'azote assimilé par jour on obtiendra le nombre de calories assimilées par jour.

Dans cette manière de faire on admet que le pourcentage d'assimilation est sensiblement le même pour les divers principes nutritifs. Ce chiffre n'est donc pas rigoureusement exact, mais il donne néanmoins, malgré son approximation, une indication intéressante.

Les chiffres exprimant les calories, l'azote assimilé et le bilan azoté ont subi les mêmes corrections. Les chiffres des quatre dernières colonnes de chaque tableau sont calculés pour un poids vif de 150 grammes et pour une durée de 24 heures ; ils sont donc comparables d'une expérience à l'autre. Pour les différencier nous les avons indiqués en caractères gras.

Analyse des résultats

Rations comportant une faible proportion de protéine.

Expérience 1. — Cette expérience ne révèle aucun avantage net ni du côté des graisses, ni du côté des glucides, ces substances se montrent sensiblement équivalentes pour les rats 2, 3 et 4. Le rat 1 à ovalbumine-graisse a toutefois un bilan négatif alors que celui des autres animaux est équilibré ou légèrement positif. Ce serait donc pour ce rat un léger avantage des glucides sur les graisses, mais cet avantage est atténué

EXPERIENCE I

Commencée le 24 Octobre 1928

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
1	mâle	Ovalbumine .. 1 Saindoux 2 Sucre 1/4 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- nard 5 % Levure de bière 5 %	11	203	9	206	194	2,73	0,44	2,68	-0,99	24,89	0,19	-0,032
			11	189	8	182	184	2,73	0,58	2,07	+0,20	28,68	0,21	+0,008
2	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 4 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- nard 5 % Levure de bière 5 %	11	195	9	192	192	3,42	0,79	2,67	0	28,20	0,23	+0,003
			11	209	9	208	203	3,42	0,77	2,42	-0,40	25,68	0,21	+0,018
3	mâle	Ovalb.-Graisse	11	189	8	182	184	2,73	0,58	2,07	+0,20	28,68	0,21	+0,008
			11	209	9	208	203	3,42	0,77	2,42	-0,40	25,68	0,21	+0,018
4	mâle	Ovalb.-Glucides	11	195	9	192	192	3,42	0,79	2,67	0	28,20	0,23	+0,003
			11	209	9	208	203	3,42	0,77	2,42	-0,40	25,68	0,21	+0,018

du fait que l'azote assimilé pour cet animal est un peu moindre que pour les rats 2 et 4. Dans cette expérience les graisses et les glucides se montrent donc sensiblement équivalents.

Expérience II. — Cette expérience traduirait un très léger avantage en faveur des graisses. Le bilan est un peu meilleur avec les rats 5 et 7 à ovalbumine-graisse. Il est vrai que pour eux l'azote assimilé a été un peu plus élevé que pour les rats à ovalbumine-glucides. On entregistre donc un léger avantage en faveur des graisses.

Expérience III. — Cette expérience est sans signification, les ingesta sont trop différents. Le bilan est plus fortement positif pour les rats à ovalbumine-glucides, mais cela peut s'expliquer aisément par le chiffre de l'azote assimilé qui est notablement plus élevé que pour les rats, à graisse.

Expérience IV. — Dans cette expérience, l'avantage est en faveur des graisses. Le bilan est manifestement plus positif du côté graisse que du côté glucides, bien que les ingesta et l'azote assimilé soient comparables.

Expérience V. — Cette expérience donne un avantage aux glucides. Le bilan est positif avec ceux-ci, tandis qu'il est négatif avec les graisses. Cet avantage est cependant légèrement atténué du fait que l'azote assimilé est un peu plus important du côté ovalbumine-glucides.

Expérience VI. — Cette expérience parle en faveur de l'équivalence. Les rats 23 et 24 qui ont des quantités d'azote assimilé très voisines ont des bilans tout à fait comparables.

Pour les rats 21 et 22 les différences dans les bilans (+ 0,021 et — 0,014) sont expliquées par les écarts dans l'azote assimilé (0,19 et 0,12).

Nous avons présenté sur un même tableau, les résultats de ces six expériences en faisant pour chacune d'elles les moyennes des chiffres pour les rats à graisse et les rats à glucides et en ne conservant partout que deux décimales. Les conclusions que nous avons tirées de chaque expérience apparaissent alors avec beaucoup de netteté. Dans l'expérience I il y a équivalence

EXPERIENCE III

Commencée le 29 Novembre 1928

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final			Variation de Poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
9	mâle	Ovalbumine ..	6	195	6	184	190	0,36	1,60	+ 0,80	33,63	0,23	+ 0,025
		Saindoux											
		Sucre											
		Mélange salin..											
		Poudre d'épi- nard											
11	mâle	Levure de bière	6	183	6	183	190	0,39	1,50	+ 0,80	28,28	0,20	+ 0,029
12	mâle	Ovalbumine ..	6	196	6	192	195	0,88	1,94	+ 0,33	33,24	0,27	+ 0,062
		Glucides											
		Mélange salin..											
		Poudre d'épi- nard											
		Levure de bière											

Ovalb.-Crusce

Ovalb.-Glucides

EXPERIENCE IV

Commencée le 12 Décembre 1928

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de Poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
13	femelle	Ovalbumine .. Saindoux Sucre Mélange salin.. Poudre d'épi- nard Levure de bière	6	146	8	142	144	2,43	0,41	0,79	+ 0,26	35,55	0,26	+ 0,161
15	femelle	Ovalb.-Graisce	6	123	10	122	117	2,43	0,78	1,14	— 0,62	27,87	0,20	+ 0,064
14	femelle	Ovalb.-Glucides	6	127	6	142	137	2,70	1,39	1,09	— 0,96	27,34	0,23	+ 0,038
16	femelle	Ovalb.-Glucides	6	132	9	134	132	2,70	0,75	1,80	— 0,24	28,39	0,24	+ 0,018

EXPERIENCE I

EXPERIENCE V

Commencée le 27 Décembre 1928

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de Poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
17	femelle	1 Ovalbumine .. 2 Saindoux 1/4 Sucre 4 % Mélange salin.. 5 % Poudre d'épi- nard 5 % Levure de bière	7	172	6	156	157	1,58	0,27	1,55	-0,45	27,87	0,20	-0,038
19	femelle	1 Ovalbumine .. 4 Glucides 4 % Mélange salin.. 5 % Poudre d'épi- nard 5 % Levure de bière	7	151	6	147	145	1,58	0,31	1,32	-0,33	29,09	0,21	-0,008
18	femelle	1 Ovalbumine .. 4 Glucides 4 % Mélange salin.. 5 % Poudre d'épi- nard 5 % Levure de bière	7	157	5	154	153	1,97	0,66	1,20	-0,49	30,72	0,25	+0,021
20	femelle	1 Ovalbumine .. 4 Glucides 4 % Mélange salin.. 5 % Poudre d'épi- nard 5 % Levure de bière	7	171	6	167	166	1,97	0,56	1,33	-0,44	25,32	0,21	+0,011

EXPERIENCE VI

Commencée le 29 Janvier 1929

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de Poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilée	Bilan azoté
21	mâle	Ovalbumine .. 1 Saindoux 2 Sucre 1 1/4 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière 5 %	10	226	5	212	214	1,61	0,26	1,20	+ 0,28	25,58	0,19	+ 0,021
			10	239	5	200	177	1,61	0,71	1,27	- 0,52	19,25	0,14	- 0,059
22	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 4,7 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière 5 %	10	220	7	217	211	2,15	0,86	1,43	- 0,59	17,13	0,12	- 0,014
			10	215	7	210	205	2,15	0,64	1,92	- 0,51	20,74	0,15	- 0,041
24	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 4,7 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière 5 %	10	215	7	210	205	2,15	0,64	1,92	- 0,51	20,74	0,15	- 0,041
			10	215	7	210	205	2,15	0,64	1,92	- 0,51	20,74	0,15	- 0,041

entre graisse et glucides : bilan — 0,01 avec la graisse et + 0,01 avec glucides, mais l'azote assimilé est de 0,22 avec ces derniers, tandis qu'il n'est que de 0,20 avec la graisse.

Dans l'expérience II, léger avantage en faveur des graisses ; bilan + 0,00 avec la graisse, — 0,03 avec les glucides. Il est vrai que l'azote assimilé est un peu moindre avec ces derniers : 0,18 contre 0,20.

L'expérience III est toujours sans signification : bilan nettement plus positif avec les glucides (+ 0,06 contre + 0,02), mais l'azote assimilé bien supérieur (0,27 contre 0,21). Si cette expérience devait avoir une signification, elle serait pour l'équivalence.

L'expérience IV maintient toujours un avantage en faveur des graisses. Pour des quantités d'azote assimilé égales (0,23) le bilan est de + 0,11 avec la graisse et de + 0,02 avec les glucides.

L'expérience V donne un léger avantage aux glucides ; bilan — 0,02 avec la graisse et + 0,01 avec les glucides. Cet avantage est d'ailleurs atténué du fait que l'azote assimilé est de 0,23 avec les glucides et 0,20 avec la graisse.

L'expérience VI est toujours pour l'équivalence ; bilan — 0,01 avec la graisse et — 0,02 avec les glucides, azote assimilé 0,16 avec la graisse et 0,13 avec les glucides.

En somme, sur six expériences, les résultats se décomposent comme suit :

2 équivalences

1 sans signification ou équivalence

1 léger avantage en faveur des graisses

1 avantage en faveur des graisses

1 léger avantage en faveur des glucides.

Ce que nous avons applé « léger avantage » dans les expériences II et V peut tout aussi bien être classé sous la rubrique « équivalence » car les inégalités d'azote assimilé justifient dans une certaine mesure les différences observées dans les bilans.

TABLEAU I

Rations contenant une faible proportion de protéine

Date et N° des expériences		Par jour et par 150 Grs de poids vif			
		Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilans azotés
Octobre 1928. Expér. I....	Graisse...	— 0,79	26,78	0,20	— 0,01
	Glucides..	— 0,20	26,94	0,22	+ 0,01
Novemb. 1928. Expér. II...	Graisse...	+ 0,30	29,08	0,20	0,00
	Glucides..	— 0,53	21,84	0,18	— 0,03
Novemb. 1928. Expér. III..	Graisse...	+ 0,80	30,95	0,21	+ 0,02
	Glucides..	+ 0,33	33,24	0,27	+ 0,06
Décemb. 1928. Expér. IV..	Graisse...	— 0,18	31,71	0,23	+ 0,11
	Glucides..	— 0,60	27,86	0,23	+ 0,02
Décemb. 1928. Expér. V...	Graisse...	— 0,24	28,48	0,20	— 0,02
	Glucides..	— 0,16	28,02	0,23	+ 0,01
Janvier 1929. Expér. VI..	Graisse...	— 0,12	22,41	0,16	— 0,01
	Glucides..	— 0,55	18,93	0,13	— 0,02

Sur six expériences, nous avons donc obtenu en définitive, cinq fois l'équivalence et une fois un avantage en faveur des graisses.

D'ailleurs, si nous faisons encore les moyennes de tous ces résultats, nous obtenons les chiffres suivants :

Par jour et par 150 grammes (poids vif)				
Variation de poids	Ration assimil. en calories	Azote assimilé	Bilan	
—	—	—	—	—
Oval.-graisse. —0,04	28,23	0,20	+0,01	
Oval.-glucid. —0,28	26,14	0,21	+0,00	

La moyenne de tous les résultats montre donc sensiblement l'équivalence entre la graisse et les glucides, pour les rations renfermant une faible proportion de protéine. L'équivalence n'est pas absolue et le très faible écart entre les chiffres traduit un léger avantage en faveur des graisses. Les chiffres de variation de poids quotidienne sont également intéressants avec des rations sensiblement isodynames et iso-azotées, les rats à ovalbumine-graisse maintiennent sensiblement leur poids ($-0,04$) tandis que les rats à ovalbumine-glucides présentent une perte de poids appréciable ($-0,28$). Ce fait est d'accord avec les résultats de toutes les expériences d'alimentation prolongée.

RATIONS CONTENANT UNE FORTE PROPORTION DE PROTÉINE

Expérience XVII. — Les deux rats à ovalbumine-graisse montrent un avantage net en faveur des graisses.

Expérience XVIII. — Les seuls rats comparables dans cette expérience sont les N^{os} 71 et 72. Bien que l'azote assimilé soit un peu plus élevé pour le rat à ovalbumine-glucides (0,61 contre 0,54) le bilan de cet animal est négatif ($-0,02$) tandis qu'il est équilibré pour le rat à ovalbumine-graisse. Ces deux rats montrent un avantage net en faveur des graisses. Les résultats des rats 69 et 70 ne sont pas à envisager étant donné l'écart considérable existant entre l'azote assimilé du rat à ovalbumine-graisse (0,45) et l'azote assimilé du rat à ovalbumine-glucides (0,71).

Expérience XIX. — Les rats 73 et 74 donnent un avantage très marqué aux graisses. Le bilan est ($-0,04$ au lieu de $-0,11$) beaucoup moins négatif avec les graisses bien que l'azote assimilé soit moindre (0,41 au lieu de 0,48). Les rats 75 et 76 ont trop d'écart dans l'azote assimilé (0,34 et 0,44) pour que l'on puisse comparer leurs bilans.

Expérience XX. — Cette expérience est encore sans signification en raison du trop grand écart existant entre l'azote assimilé des rats à graisse (0,46 et 0,11) et l'azote assimilé des rats à glucides (0,65 et 0,66).

Expérience XXI. — Les deux rats à graisse ont des bilans bien meilleurs que les deux rats à glucides pour des quantités d'azote assimilé du même ordre de grandeur. Donc avantage très marqué en faveur des graisses.

Expérience XXIII. — Les deux rats à graisse ont des bilans moins négatifs que les rats à glucides, malgré des quantités d'azote assimilé moindres. Donc avantage en faveur des graisses. Le rat à glucides 92 a bien un bilan très fortement négatif, mais on ne peut en tenir compte parce que son azote assimilé est inférieur à celui des rats à graisse.

Expérience XXIV. — Les deux rats à graisse ont des bilans bien meilleurs que les deux rats à glucides pour des quantités d'azote assimilé très voisines. Donc avantage très marqué en faveur des graisses.

Expérience XXV. — Les deux rats à graisse ont un bilan bien meilleur que le rat à glucides pour des quantités d'azote assimilé comparables. Donc avantage très marqué en faveur des graisses.

Expérience XXVI. — Les deux rats à graisse ont des bilans bien meilleurs que les deux rats à glucides, pour des quantités d'azote assimilé égales. Donc avantage très marqué en faveur des graisses.

Si nous faisons comme pour les bilans précédents, un tableau avec les moyennes des chiffres de chaque expérience, les résultats apparaissent avec encore plus de netteté. Si nous éliminons les expériences XVIII et XX pour lesquelles existe un trop grand écart de l'azote assimilé pour les rats à graisse et à glucides, il nous reste sept expériences dans lesquelles les ingesta et l'azote assimilé sont tout à fait comparables ; or ces

EXPERIENCE XVII

Commencée le 19 Janvier 1930

No du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de Poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
65	mâle	Ovalbumine .. 1 Saintoux 1/2 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière	3	190	4	166	163	2,38	0,33	1,77	-0,68	23,12	0,46	+ 0,063
67	mâle		3	180	4	160	154	2,47	0,43	2,22	-1,43	24,06	0,48	-0,042
66	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière	3	185	4	163	161	2,49	0,63	2,13	-1,59	24,06	0,42	-0,061
68	mâle		3	183	4	163	162	2,68	0,39	2,61	-0,23	26,23	0,52	-0,073

EXPERIENCE XVIII

Commencée le 15 Février 1930

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
69	mâle	Ovalbumine .. 1 Suindoux 1/2 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épiniard 5 % Levure de bière 5 %	10	153	6	138	137	3,38	0,86	2,75	-0,48	22,62	0,45	-0,041
			10	165	5	164	166	3,93	0,95	2,98	+0,36	27,45	0,54	+0,0
70	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épiniard 5 % Levure de bière 5 %	10	153	5	143	150	3,93	0,43	3,38	+4,44	35,95	0,71	+0,024
			10	165	5	151	153	3,93	0,83	3,21	+0,39	30,68	0,61	-0,021

EXPERIENCE XIX

Commencée le 26 Février 1930

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
73	mâle	Ovalbumine .. 1 Saindoux 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard Levure de bière 5 %	7	208	5	199	194	3,84	1,15	2,96	-0,76	20,32	0,41	0,041
75	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard Levure de bière 5 %	7	215	5	207	202	3,84	1,49	2,67	-0,73	17,05	0,34	-0,046
74	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard Levure de bière 5 %	7	213	5	187	178	3,81	0,90	3,62	-1,47	24,25	0,48	-0,111
76	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard Levure de bière 5 %	7	222	5	203	194	3,84	0,89	3,20	-1,36	22,34	0,44	-0,037

EXPERIENCE XX

Commencée le 8 Mars 1930

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
77	mâle	Ovalbumine .. 1 Saïndoux 2 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière	9	148	5	143	148	2,67	0,42	2,88	+ 1,03	22,87	0,46	- 0,129
			9	152	5	140	132	1,21	0,68	2,34	- 1,61	5,73	0,11	- 0,399
			9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
			9	149	5	117	121	3,27	0,65	2,89	+ 1,00	32,78	0,66	- 0,068
78	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière	9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
			9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
			9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
			9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
80	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière	9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
			9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
			9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061
			9	147	5	143	142	3,64	0,51	3,42	- 0,21	32,98	0,65	- 0,061

EXPERIENCE XXI

Commencée le 20 Avril 1930

No du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
81	mâle	Ovalbumine .. 1 Saïndoux 2 Mélangé salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 Levure de bière	9	207	5	192	198	4,23	0,54	3,73	+ 0,92	28,01	0,56	— 0,006
83	mâle	Ovalb.-Glucides Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélangé salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 Levure de bière	9	215	5	205	202,5	4,26	0,47	3,36	— 0,36	27,56	0,55	+ 0,063
82	mâle	Ovalb.-Glucides Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélangé salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 Levure de bière	9	195	5	192	188	4,59	0,64	4,44	— 0,63	34,04	0,62	— 0,077
84	mâle	Ovalb.-Glucides Ovalbumine .. 1 Glucides 1 Mélangé salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 Levure de bière	9	220	5	215	202	4,56	0,76	4,40	— 1,87	27,20	0,54	— 0,086

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
89	mâle	Ovalbumine .. 1 Saindoux 1/2 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière 5 %	10	147	Ovalb.-Graisse			3,70	1,04	2,86	+0,80	26,43	0,53	-0,040
								2,80	0,48	2,57	-0,44	25,24	0,51	-0,055
90	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1,08 Mélange salin.. 4 % Poudre d'épi- 5 % nard 5 % Levure de bière 5 %	10	147	Ovalb.-Glucides			3,35	0,56	3,12	+0,20	28,76	0,57	-0,068
								3,24	1,32	2,40	-1,34	24,31	0,42	-0,107
92	mâle		10	147		137	131							

EXPERIENCE XXIV

Commencée le 10 Novembre 1930

No du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	• Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
93	mâle	Ovalbumine .. 1 Suindoux 1 Mélange salin.. 4 Poudre d'épi- 5 nard 5 Levure de bière 5	10	150	5	154	158	3,17	0,62	2,70	+0,72	24,20	0,49	-0,028
95	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1,08 Mélange salin.. 4 Poudre d'épi- 5 nard 5 Levure de bière 5	10	149	5	145	149	3,39	0,82	2,81	+0,96	25,88	0,52	+0,048
94	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1,08 Mélange salin.. 4 Poudre d'épi- 5 nard 5 Levure de bière 5	10	147	5	148	153	3,23	0,66	2,86	+0,99	26,34	0,51	-0,057
96	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1,08 Mélange salin.. 4 Poudre d'épi- 5 nard 5 Levure de bière 5	10	147	5	152	157	3,60	0,92	3,08	+0,97	26,66	0,52	-0,077

No du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
97	mâle	Ovalbumine .. 1	14	178	5	170	174	4,95	0,96	4,14	+ 0,69	34,33	0,69	- 0,026
		Sandoux 1/2												
		Mélange salin.. 4 %												
99	mâle	Poudre d'épinard 5 %	14	145	5	145	142	3,28	0,31	2,88	- 0,62	30,63	0,62	+ 0,018
		Levure de bière 5 %												
98	mâle	Ovalbumine .. 1	14	176	5	169	171	4,56	0,72	4,72	+ 0,35	33,62	0,67	- 0,155
		Glucides 1,08												
		Mélange salin.. 4 %												
		Poudre d'épinard 5 %												
		Levure de bière 5 %												

EXPERIENCE XXVI

Commencée le 15 Mars 1931

N° du rat	Sexe	Régime	Période de préparation		Période d'expérience			Azote ingéré	Azote fécal	Azote urinaire	Par jour et par 150 gr. de poids vif			
			Durée en jours	Poids en grammes	Durée en jours	Poids initial	Poids final				Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilan azoté
101	mâle	Ovalbumine .. 1 Saintonx 1 Mélangé salin.. 2 Poudre d'épi- 4 nard 4 Levure de bière 5 5 % Ovalb.-Graisée	7	181	5	185	191	4,75	1,58	3,38	+0,95	26,89	0,50	-0,033
103	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1,08 Mélangé salin.. 4 Poudre d'épi- 4 nard 4 Levure de bière 5 5 % Ovalb.-Graisée	7	188	5	185	188	5,04	1,40	3,92	+0,48	28,90	0,58	-0,045
102	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1,08 Mélangé salin.. 4 Poudre d'épi- 4 nard 4 Levure de bière 5 5 % Ovalb.-Graisée	7	183	5	173	178	5,51	2,56	3,42	+0,85	25,04	0,50	-0,080
104	mâle	Ovalbumine .. 1 Glucides 1,08 Mélangé salin.. 4 Poudre d'épi- 4 nard 4 Levure de bière 5 5 % Ovalb.-Graisée	7	179	5	171	175	4,92	1,57	3,81	+0,69	28,87	0,58	-0,079

sept expériences nous montrent des bilans bien meilleurs pour les rats à graisse que pour les rats à glucides, et toutes les sept se traduisent en un avantage très marqué en faveur des graisses.

Si nous faisons encore les moyennés des chiffres de ces sept expériences nous arrivons à :

Par jour et par 150 grs de poids vif				
Variation de poids		Ration assimil. en calories	Azote assimilé	Bilan
Oval.-graisse.	+ 0,12	25,89	0,51	—0,01
Oval.-glucid.	—0,70	26,87	0,53	—0,08

Avec une quantité d'azote assimilé et de calories légèrement supérieure, les rats à ovalbumine-glucides ont un bilan beaucoup plus négatif que celui des rats à ovalbumine-graisse, qui est presque équilibré.

D'autre part, tandis que les rats à graisse maintiennent leur poids, et même l'augmentent légèrement, les rats à glucides présentent une perte de poids très appréciable.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

MAIGNON a montré au cours d'expériences effectuées sur le rat blanc, de 1911 à 1914 et publiées en 1918, que des animaux nourris exclusivement de protéines (ovalbumine, fibrine, caséine) additionnées de sels minéraux succombent au bout d'un temps variable et avec une perte de poids également variable suivant les cas. Il a constaté, en outre, avec l'ovalbumine, l'existence d'une influence saisonnière sur la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique. Au printemps et à l'automne, les rats présentent une courte survie, ils meurent au bout de quelques jours avant l'épuisement des réserves, avec une perte de poids de 20 à 30 %, et en présentant des phénomènes d'intoxication aiguë du système nerveux central. En été et en hiver, la survie est beaucoup plus longue (quel-

ques semaines) et les sujets meurent après épuisement des réserves avec des pertes de poids de 40 à 50 %.

TABLEAU II

Rations contenant une forte proportion de protéine

Date et N° des expériences		Par jour et par 150 Grs de poids vif			
		Variation de poids	Ration assimilée en calories	Azote assimilé	Bilans azotés
Janvier 1930.	Graisse...	— 1,05	23,59	0,47	+ 0,01
Expér. XVII.	Glucides..	— 0,91	23,64	0,47	— 0,06
Février 1930.	Graisse...	+ 0,09	24,88	0,49	— 0,02
Exp. XVIII..	Glucides..	+ 0,91	33,31	0,66	0,00
Février 1930.	Graisse...	— 0,74	18,68	0,37	— 0,04
Expér. XIX.	Glucides..	+ 0,91	23,29	0,46	— 0,07
Mars 1930. Ex-	Graisse...	— 0,29	14,30	0,28	— 0,26
périence XX.	Glucides..	+ 0,39	32,88	0,65	— 0,06
Avril 1930. Ex-	Graisse...	+ 0,28	27,78	0,55	+ 0,02
périence XXI.	Glucides..	— 1,25	29,12	0,58	— 0,08
Octobre 1930.	Graisse...	+ 0,18	25,83	0,52	— 0,04
Exp. XXIII.	Glucides..	— 0,57	25,03	0,49	— 0,08
Novemb. 1930.	Graisse...	+ 0,84	25,04	0,50	+ 0,01
Exp. XXIV.	Glucides..	+ 0,98	26,50	0,51	— 0,06
Décemb. 1930.	Graisse...	+ 0,03	32,48	0,65	0,00
Expér. XXV.	Glucides..	+ 0,35	33,62	0,67	— 0,15
Mars 1931.	Graisse...	+ 0,71	27,89	0,54	— 0,03
Exp. XXVI..	Glucides..	+ 0,77	26,95	0,54	— 0,08

Les protéines sont donc incapables d'entretenir la vie, en l'absence de substances ternaires, c'est-à-dire de graisses ou d'hydrates de carbone. L'auteur a recherché si ces deux catégories de substances s'équivalent en ce qui concerne leur rôle dans l'utilisation des protéines ou si l'une d'elles permet une meilleure utilisation.

Dans ce but, il a alimenté comparativement des rats blancs, avec des mélanges ovalbumine-saindoux, ovalbumine-amidon additionnés de sels minéraux, en faisant varier respectivement les proportions de protéine et de la substance ternaire.

Les très nombreuses expériences qu'il a effectuées dans ce sens ont toutes montré qu'avec les rations ovalbumine-graisse, les survies et les périodes de fixité de poids étaient toujours plus longues qu'avec les rations ovalbumine-amidon.

D'où il a conclu à une meilleure utilisation des protéines avec les graisses qu'avec les hydrates de carbone.

Mais ces rations étaient dépourvues de vitamines. On pouvait se demander si les résultats seraient les mêmes en présence de ces substances indispensables.

Nous avons repris ces expériences en ajoutant la vitamine A sous forme de poudre d'épinard et la vitamine B sous forme de levure de bière desséchée. D'autre part, au lieu de donner le glucide exclusivement sous forme d'amidon, nous avons utilisé le mélange parties égales d'amidon, de dextrine et de saccharose. Les éléments minéraux administrés sont les composants du mélange salin d'Osborne et Mendel.

Les résultats ont été exactement les mêmes sauf que toutes les survies ont été allongées ainsi que la période de fixité de poids et de croissance, grâce à l'addition de vitamines qui augmentent l'appétit et améliore l'utilisation des principes nutritifs.

En présence des vitamines A et B les rats à ovalbumine ont continué à présenter l'influence saisonnière et les rats à ovalbumine-graisse ont toujours eu des survies et des périodes de fixité de poids beaucoup plus longues que les rats à ovalbumine-

glucides, les glucides étant substitués aux graisses, dans la ration, en proportion isodynamique.

Dans toutes nos expériences, la proportion d'ovalbumine a été relativement élevée : ovalbumine-saindoux, parties égales, et nous avons même été jusqu'à ovalbumine 1, graisse 1/4.

Nous avons donc le droit de conclure que dans ces proportions l'ovalbumine est mieux utilisée avec les graisses qu'avec les glucides. MAIGNON avait constaté que la graisse diminuait la toxicité des protéines. Dans des expériences à forte proportion de protéines : ovalbumine 1 saindoux 1/4, ovalbumine 1 amidon 1/2, les lésions d'intoxication constatées au moment de la mort (gastro-duodénite hémorragique, dégénérescence granulo-graisseuse du foie et des reins) étaient toujours plus accentuées chez les animaux à ovalbumine-amidon. D'autre part, au moment des courtes survies de printemps, chez les rats à ovalbumine, nous avons vu que l'addition d'une faible proportion de graisse (1/4) prolonge beaucoup plus la survie que l'addition d'une quantité isodynamique de glucides, et cela en présence de vitamines.

Comment expliquer cette toxicité moindre de l'ovalbumine en présence des graisses? Une première hypothèse consiste à admettre une utilisation plus complète de l'azote ingéré, en présence des graisses. Les acides gras favoriseraient le remaniement et par conséquent l'utilisation des amino-acides. On s'expliquerait ainsi, par la diminution des déchets azotés, la moindre toxicité des protéines en présence des graisses. Dans cette hypothèse le rendement nutritif de l'albumine serait plus élevé avec les graisses qu'avec les glucides.

Dans une deuxième hypothèse, l'avantage des aliments gras ne résiderait que dans une influence exercée sur l'évolution des déchets, évolution qui aboutirait à des stades transitoires moins toxiques avec les graisses qu'avec les glucides. Les graisses joueraient ainsi un rôle antitoxique vis-à-vis de l'intoxication protéique et elles n'amélioreraient le rendement nutritif des protéines que d'une manière indirecte, en agissant sur la toxi-

cité. Il est possible, d'ailleurs, que ces deux actions interviennent concurremment.

Pour éclairer ce problème, il fallait étudier le rendement nutritif de l'ovalbumine avec la graisse et avec les glucides, par la détermination des bilans azotés.

Ces laborieuses recherches ont été commencées en 1924 par MAIGNON et JUNG, continuées en 1928 par MAIGNON et VIMEUX, et reprises par nous-même en collaboration avec notre maître, de 1927 à 1931. MAIGNON et ses collaborateurs ont obtenu des rendements nutritifs meilleurs avec les graisses, mais d'une manière inconstante. Les conditions dans lesquelles il fallait se placer pour que l'expérience donnât toujours un résultat positif n'étaient pas encore complètement déterminées. C'est à cette détermination que nous avons consacré nos efforts et grâce à nos expériences qui s'échelonnent sur une durée de quatre années, nous avons pu apporter la solution du problème. Ces expériences qui sont très nombreuses permettent de grouper les résultats de la manière suivante :

1° *Ration contenant une faible proportion de substances ternaires.* — Rations composées d'ovalbumine 1, saindoux 1/2; ovalbumine 1, glucides 1. Dans sept expériences, portant sur des animaux qui avaient ingéré et assimilé des quantités sensiblement égales d'azote, les bilans ont montré sept fois sur sept et sur tous les animaux, un avantage marqué en faveur de la graisse, soit que le bilan fut positif avec la graisse et négatif avec les glucides, soit qu'il fut beaucoup plus négatif avec les glucides qu'avec la graisse.

2° *Ration contenant une forte proportion de substances ternaires.* — Rations composées de : ovalbumine 1, saindoux 2 ; ovalbumine 1, glucides 4 à 4,7.

Dans ces expériences le bilan est sensiblement le même dans les deux cas où il y a un léger avantage ; c'est tantôt en faveur des graisses, tantôt en faveur des glucides.

Dans ces proportions, graisses et glucides paraissent équivalents. Rapprochons de ces résultats nouveaux, un autre fait

connu, celui de l'action d'épargne exercé par les hydrates de carbone vis-à-vis de la destruction d'albumine. Depuis déjà longtemps, C. VOIT (1881), CATHCART (1909) ont montré que l'azote urinaire des animaux inanitiés n'est pas réduit à l'azote provenant de l'usure des tissus. En donnant des hydrates de carbone, du sucre, à un chien soumis à la diète hydrique, on réduit de 40 % l'azote urinaire, on épargne la destruction des protéines. Si au contraire on lui donne de la graisse, l'azote urinaire ne diminue pas ; il n'y a pas d'action d'épargne.

LUTHJE a cherché à expliquer ces faits, en admettant que les chaînons hydrocarbonés étaient capables en se combinant aux produits de destruction des molécules protéiques, de réaliser la protéosynthèse alors que les chaînons gras ne possédaient pas le même pouvoir. FALTA et GIGON, en 1908, ont donné une autre explication qui nous paraît plus plausible. Ces auteurs, partant de cette idée qu'un minimum d'hydrate de carbone est nécessaire à l'organisme pour l'entretien de l'activité physiologique, ont pensé que chez le sujet inanitié, ce glycose est d'origine protéique formé par destruction d'une certaine quantité de protéine, destruction qui vient s'ajouter à celle provenant de l'usure. On conçoit alors que l'administration d'hydrate de carbone à un chien inanitié épargne cette destruction supplémentaire, ce qui n'aurait pas lieu avec les graisses, ces substances ne paraissant pas pouvoir donner naissance à des hydrates de carbone chez les homéothermes.

MAIGNON a adopté cette manière de voir, d'autant plus qu'il a contribué à établir la non-transformation des graisses en glycogène chez les homéothermes.

Essayons d'interpréter nos résultats expérimentaux à la lumière de cette donnée. S'il en est ainsi, lorsque la ration d'un animal ne comporte que des protéines et des graisses, une certaine partie de ces protéines doit être détruite en vue de former le minimum d'hydrate de carbone nécessaire, l'autre partie seule étant utilisée à la réparation de l'usure, c'est-à-dire à la protéosynthèse.

Avec les rations protéines-glucides, lorsque la quantité de glucides ingérée est égale ou supérieure au minimum nécessaire, la totalité des protéines demeure libre pour la protéosynthèse.

Si l'utilisation des protéines, en vue de la protéosynthèse, était la même en présence de graisses ou de glucides, les rations ovalbumine-glucides devraient toujours donner un bilan azoté meilleur avec les glucides qu'avec les graisses, or ce n'est pas le cas.

Nous avons vu que pour les rations renfermant une faible proportion de substances ternaires (ovalbumine 1, graisse 1/2; ovalbumine 1, glucide 1) le bilan azoté est au contraire toujours meilleur avec la graisse. Le résultat ne peut s'expliquer que par un meilleur rendement avec les graisses, de la partie de l'ovalbumine utilisée à la synthèse protéique.

L'économie résultant de ce meilleur rendement dépasserait en importance l'excès de destruction exigée avec la graisse, pour la production du minimum de glucides nécessaire.

Avec les rations ovalbumine 1, graisse 2; ovalbumine 1, glucides 4, le bilan est aussi bon d'un côté que de l'autre; il y a équivalence entre graisse et glucides.

Dans ce cas on peut admettre que l'économie résultant du meilleur rendement avec les graisses est exactement compensée par la nécessité d'une destruction supplémentaire en vue de produire le minimum de glucides nécessaire.

Il est donc logique d'admettre que l'avantage des graisses sur les hydrates de carbone, en ce qui concerne l'utilisation des protéines, soit d'autant plus marqué que la proportion de substances ternaires dans la ration est plus faible et par conséquent l'utilisation des protéines plus difficile.

Au contraire lorsque cette proportion est forte, en présence d'un grand excès de substances ternaires on conçoit que l'action d'épargne des glucides puisse l'emporter et le bilan devenir meilleur avec les glucides qu'avec les graisses.

C'est ce qui se produit dans les expériences de DESGREZ et BERRY (1921) où les auteurs donnaient par gramme de rat

0,0078 d'ovalbumine, 0,019 de sucre, 0,016 de graisse. Avec cette ration, l'équilibre azoté a été maintenu pendant six jours, le septième jour les hydrates de carbone ont été remplacés par une quantité isodynamique de graisse, et le bilan est devenu négatif. La ration contenait alors sensiblement ovalbumine 1, graisse 3. Cette expérience parle en outre en faveur de l'existence du minimum de glucides nécessaires, admis par FALTA et GIGON.

On peut expliquer, de la même manière, les résultats de l'expérience de LUTHE (1906) qui a alimenté des chiens avec des amino-acides provenant de la digestion pancréatique de la viande, additionnés tantôt de graisses, tantôt de glucides.

Dans ces expériences, les proportions de substances ternaires étant très fortes (environ protéine 1, graisse 4 ou 5) le bilan a été meilleur avec le mélange amino-acides-glucides qu'avec celui amino-acides-graisse.

Le résultat des expériences de TERROINE et MENDLER (1926) s'explique de la même manière. Les auteurs ont calculé le coefficient de rétention azotée sur des porcelets nourris avec du lait de vache écrémé tantôt additionné de graisse, tantôt de glucides (farine de manioc). Le coefficient est plus élevé dans le second cas. Or les quantités de substances ternaires ajoutées au lait écrémé sont très importantes par rapport à la quantité de protéines et ces rations contiennent une très forte proportion de substances ternaires.

Bien que le lait écrémé renferme du lactose à côté de la caséine, l'action d'épargne joue. En effet, la quantité de lactose renfermée dans une ration de lait de vache entier, donné à des porcelets, paraît être inférieur au minimum de glucides nécessaire, du moment que l'addition d'hydrate de carbone à ce lait entier augmente notablement le coefficient de rétention azotée.

PASQUALINO (1930), qui a fait des expériences de bilans sur le rat blanc, a obtenu des résultats tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, et il conclut qu'il n'existe d'avantage ni en faveur des graisses, ni en faveur des hydrates de carbone. Mais

dans aucune de ces expériences, il ne s'est placé dans les conditions permettant de constater d'une manière constante, des bilans meilleurs avec les graisses qu'avec les glucides. Il n'a jamais utilisé les proportions ovalbumine 1, graisse 1/2 ; ovalbumine 1, glucides 1. Il n'a utilisé que des rations renfermant trop ou trop peu de substances ternaires.

Enfin SABATO VISCO (1922), dit avoir obtenu dans ses expériences des bilans toujours meilleurs avec les glucides qu'avec les graisses. Mais il ne parle pas un mot de ses techniques, et tout permet de supposer que lors de la cueillette de l'urine, il a eu de fortes pertes d'azote par fermentation ammoniacale, car tous ses bilans sont fortement positifs.

MAIGNON et JUNG, avant d'utiliser le dispositif de Mac Collum pour la récolte des excréta, obtenaient des résultats analogues. Il semble, en effet, que la fermentation ammoniacale soit plus facile avec l'urine des rats à ovalbumine-glucides qu'avec celle des rats à ovalbumine-graisse.

La conclusion de ces recherches est que les graisses apparaissent comme des modificateurs qualitatifs de la nutrition et, en cela, se comportent un peu à la façon des vitamines. Cette notion, introduite par MAIGNON en 1918, est d'ailleurs nettement confirmée par toute une série de travaux américains récents qui font jouer aux graisses un rôle dans la croissance : HAROLD, LEVINE et ARTHUR SMITH (1927) ; Mc AMIS, ANDERSON et LAFAYETTE, MENDEL (1929), EVAN et LEPKOVSKY (1929) leur reconnaissent, en outre, un rôle d'épargne vis-à-vis de la vitamine B., c'est-à-dire que les graisses peuvent se comporter à certains égards comme la vitamine B. et se substituer partiellement à elle. Cette action était déjà apparue dans des expériences de M^{me} L. RANDOUIN et H. SIMONNET (1924) où les auteurs ont constaté qu'en l'absence de vitamine B, les régimes artificiels ne renfermant que des lipides et des protides entretenaient la vie du pigeon et du rat beaucoup plus longtemps que des régimes renfermant protides lipides et glucides, et dans lesquels nécessairement la quantité de lipides était moindre.

CONCLUSIONS GENERALES

1° Chez les rats blancs soumis au régime, ovalbumine plus mélange salin, l'addition des vitamines A et B, à la ration, augmente les survies, mais ne supprime pas l'influence des saisons sur la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique, signalée par MAIGNON. La ration ingérée spontanément est en outre plus importante, les vitamines augmentent considérablement l'appétit.

2° Chez les rats blancs soumis comparativement aux régimes ovalbumine-graisse, mélange salin et ovalbumine-glucides, mélange salin, l'addition des vitamines A et B à la ration a pour effet d'augmenter notablement les survies, les périodes de fixité de poids et la croissance, mais néanmoins comme dans les expériences sans vitamines, ces survies et périodes d'équilibre pondéral, sont toujours plus grandes avec la graisse qu'avec les glucides.

Les graisses permettent donc bien une meilleure utilisation des protéines que les glucides.

3° Les bilans azotés de rats soumis aux régimes ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides (plus mélange salin et vitamines A et B) sont différents suivant la proportion relatives d'ovalbumine et de substances ternaires, graisse et glucides étant donnés en quantités isodynamos.

Avec les rations contenant une faible proportion de substances ternaires (ovalbumine 1, graisse $1/2$; ovalbumine 1, glucides 1) le bilan azoté est dans tous les cas nettement meilleur avec les graisses qu'avec les glucides, et cela bien que dans les rations ovalbumine-graisse une certaine partie de l'ovalbumine soit détruite en vue de fournir à l'organisme le minimum d'hydrate de carbone nécessaire.

Avec les rations contenant une forte proportion de subs-

tances ternaires (ovalbumine 1, graisse 2 ; ovalbumine 1, glucides 4 à 4,7) les bilans se montrent sensiblement les mêmes des deux côtés. Dans ce cas, la quantité d'ovalbumine détruite en vue de produire le minimum de glucides nécessaire avec la ration ovalbumine-graisse semble compenser à peu près exactement l'économie résultant de la meilleure utilisation de la portion de protéine destinée à la protéosynthèse.

4° L'ensemble de ces faits confirme la notion introduite par MAIGNON en 1918, de la supériorité des graisses sur les glucides dans l'utilisation des protéines.

Les lipides n'ont donc pas seulement pour but d'apporter de l'énergie, ce qui eut constitué un double emploi avec les glucides, mais ils interviennent dans le métabolisme azoté et apparaissent comme des modificateurs qualitatifs de la nutrition.

Cette notion est d'ailleurs nettement confirmée par toute une série de travaux américains récents démontrant que les graisses exercent une action sur la croissance et aussi une véritable action d'épargne vis-à-vis de la vitamine B.

Vu : LE DOYEN :

BALTHAZARD.

Vu : LE PRÉSIDENT DE THÈSE :

Marcel LABBE.

Vu et permis d'imprimer :

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS :

S. CHARLETY.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGELO DI FRISCO. — Sulla eventuale eliminazione de N. II.^a per via Cutanea e pulmonare Ueé tapé digiunante (*Bull. soc. Ital. Biol. Sper* 4, 609, 1929.)
- Sur le métabolisme de l'azote (*Arch. Intern. Physiol.* 33, 98, 1930.)
- Sur le métabolisme de l'azote. Déterminations comparatives par les méthodes de KJELDAHL et de DUMAS, de l'azote total des tissus et des liquides organiques dans différentes conditions expérimentales (*Arch. Intern. Physiol.*, 33, 137, 1930.)
- ARVAY (V.-A.). — L'action d'un excès de vitamines A. et B. dans la nourriture, sur le métabolisme de base et l'action dynamique spécifique des aliments (*Pflüg Arch.* 214, 421-36, 1926.)
- AVA (J.), Mc AMIS, WILLIAM E. ANDERSON, and L.-B. MENDEL. — Growth of Rats On «fat free» diets (*Journ. Biol. chem.*, 82, 245, 1929.)
- BARTMANN (A.). — Ueber den sparwert des Fettes *Zeitschr. f. (Biol.*, 58, 375, 1912.)
- BONDI (S.). — Ueber lipoprotide und die deutung der degenerativen zelldegeneration (*Biochem Zeitschr.* 8, 212, 1908.)
- BURR (G.-O.) and BURR (M.-M.). — On the nature and role of the fatty acids essential in nutrition (*Journ. Biol. Chem.*, 86, 587, 1930.)
- A New deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet (*Journ. Biol. Chem.*, 82, 345, 1929.)
- CATHCART. — The influence of carbonhydrates and fats on protein metabolism (*Journ. of Physiol.*, 39, 330, 1909.)
- CATHCART (E.-P.). — The Physiology of protein metabolism (*Longmans, green, London*, 121, 1922.)
- DECHAMBRE (P.). — Les aliments du bétail, 1906.
- DERRIEN (E.) et FONTES (G.). — Détermination de l'acidité libérée par le formol (Ronchèse) (*Chim. Biol., Méd.*, 2^e édition, Paris, 1927. BAILLÈRES et FILS.)
- DESGREZ (A.) et BIERRY (H.). — Equilibre azoté et carence de vitamines (*C. R. Ac. Soc.*, 171, 1209, 1920.)
- DESGREZ (A.) et BIERRY (H.). — Equilibre azoté et hydrates de carbone de la ration alimentaire (*C. R. Ac. Sc.*, 171, 1393, 1920.)
- Ration alimentaire et vitamines (*C. R. Ac. Sc.*, 172, 1068, 1921.)

- FALTA (W.) et GRIGNON (A.). — Ueber den Einfluss (*Stickstoff freier energietraeger auf den Zeitschr.* 13, 267, 1908.)
Fat as an essential article of diet. — *The Lancet*, 2, 565, 1929.
- GALAMINI (A.). — Nouvelles observations sur des rats blancs nourris avec de l'albumine d'œuf (*Bull. Soc. Ital. Sper.*, 4, 91, 1929.)
- Etude de la décomposition des substances organiques azotées par chauffage avec de l'acide sulfurique (*Bull. Sc. Chim. Biol.*, N° 10, 11, 1355, 1929.)
- HERBERT (M.), EVANS and SAMUEL LEPKOVSKY. — Sparing action of fat on the antineuritic vitamin B. (*Journ. Biol. Chem.*, 83, 269, 1929.)
- HARIETT CHICK and MARGARET HONORA ROSCOE. — A method for measuring the purpose of determining the biological value of protein (*Journ. Biol. Chem.*, 24, 1780, 1930.)
- JUNG (L.). — Sur l'alimentation exclusive du rat blanc avec des protéines pures (*Soc. Biol.*, Lyon, 103, 783, 1929.)
- KOCHER (A.-R.). — The mechanism of the sparing action of carbohydrates on protein metabolism (*Journ. Biol. Chem.*, 25, 571-576, 1916.)
- L'emploi en clinique de la vitamine A comme agent anti-infectieux (*Presse Médicale*, N° 69, 1123, 1929.)
- LEVINE HAROLD and ARTHUR (H.), SMITH. — Growth experiments on diets rich in fat (*Journ. Biol. Chem.*, 72, 223-238, 1927.)
- LOMBROSO (Ugo) et SALVATORE DI FRISCO. — Sur le métabolisme de l'azote. Les sels ammoniacaux peuvent-ils remplacer les protéines dans l'alimentation des rats albinos ? (*Arch. Intern. Physiol.*, 32, 22, 1930.)
- — — Influence de la constitution chimique des protéines sur l'élimination de l'azote en forme non justifiée (*Arch. Intern. Physiol.*, 33, 109, 1930.)
- LOMBROSE (Ugo). — Sur la prétendue formation de protéine par les sels ammoniacaux et sur le critérium employé dans l'étude des échanges azotés (*Arch. Intern. Physiol.*, 33, 229, 1931.)
- MAIGNON (F.). — Recherches sur la toxicité de l'albumine d'œuf. Influence des saisons sur la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique (*C. R. Acad. Sc.*, 3 juin 1918.)
- Etude comparative de l'influence des hydrates de carbone et des graisses sur le pouvoir nutritif des protéines alimentaires (*C. R. Ac. Sc.*, 167, 172, 1918.)
- Etude du mécanisme du rôle des graisses dans l'utilisation et l'assimilation des albuminoïdes (*C. R. Ac. Sc.*, 168, 626, 1919.)
- Etude critique de l'influence exercée par la carence sur les expériences d'alimentation à l'aide des produits purs qui ont permis d'établir le rôle des graisses dans l'utilisation des albuminoïdes (*C. R. Soc. Biol.*, 82, 398, 1919.)

- MAIGNON (F.). — Bases physiologiques du rationnement. Importance du rapport adipo-protéique. Minimum de graisse nécessaire (*C. R. Soc. Biol.* 82, 400, 1919.)
- La supériorité des hydrates de carbone sur les graisses dans l'action d'épargne exercée vis-à-vis de l'albumine est compatible avec la supériorité des graisses dans l'utilisation des albuminoïdes (*C. R. Soc. Biol.*, 82, 1358, 1919.)
- MAIGNON (F.) et JUNG (L.). — Bilans azotés montrant la supériorité des graisses sur les hydrates de carbone dans l'utilisation des protéines alimentaires (*Bull. Ac. Méd.*, 92, 1059, 1924.)
- MAIGNON (F.) et VIMEUX (J.). — Conditions à réaliser dans la détermination des bilans azotés chez le rat blanc (*C. R. Soc. Biol.* t. cviii, séance du 5 novembre 1931.)
- MAIGNON (F.) et CHAHINE (M.-A.). — Les variations saisonnières de la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique s'observent encore en présence des vitamines (*C. R. Soc. Biolog.*, t. cviii, séance du 28 nov. 1931.)
- Influence de l'addition de vitamines sur les périodes de fixité de poids et de survies, chez les rats blancs soumis aux régimes ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides. (*C. R. Soc. Biolog.*, t. cviii, séance du 28 novembre 1931.)
- Des bilans azotés chez les rats blancs soumis aux régimes ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides (*C. R. Acad. Sciences*, séance du 7 décembre 1931.)
- Rôle des graisses dans le métabolisme protéique (*C. R. Soc. Biol.*, séance du 5 décembre 1931.)
- MESTREZAT (M.-V.) et M^{lle} MARTH (Paul-Janet). — L'azote titrable par la méthode de KJELDAHL (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 3, 105, 1921.)
- MONACO (D. Lo) et SABATO-VISCO. — Grassi e idrati di carbonico nell'alimentazione (*Rivista di Biologica*, 4, 1-13, 1922.)
- MOURIQUAND. — Sur les états de précarence (*Presse Méd.*, 10, 145, 1930.)
- NEWBURG (L.-H.) and CURTIS (A.-C.). — Production of renal injury in the white rat by the protein of the diet. Dependence of the injury on the duration of feeding and the amount and kind of protein (*Arch. Int. Méd.*, 42, 801-821, 1928.)
- OSBORNE (T.-B.) and MENDEL (L.). — The inorganic elements in nutrition (*Journ. Biol. Chem.*, 34, 135, 1918.)
- Nutrition and growth on diets highly deficient or entirely lacking in preformed carbohydrates (*Journ. Biol. Chem.*, 59, 13, 1924.)
- The vitamins in green foods (*Journ. Biol. Chem.*, 37, 191, 1919.)
- Nutritive factors in plant tissue (*Journ. Biol. Chem.*, 41, 564, 1920.)

- PASQUALINO (G.). — Influence comparée des hydrates de carbone et des graisses sur l'utilisation de l'azote (*Arch. Intern. Physiol.*, 33, 185, 1930.)
- PORCHET (Ch.) et JUNG (L.). — Valeurs nutritives comparées de l'ovalbumine et de la gélatine utilisées comme aliments organiques exclusifs (*C. R. Soc. Biol.*, Lyon, 101, 824, 1929.)
- RANDOIN (M^{me}) et SIMONNET (H.). — Croissance et entretien du rat soumis à un régime artificiel, privé à la fois de facteur B et de glucides (*C. R. Ac. Sc.*, 179, 1219, 1924.)
- — — — — Sur l'équilibre alimentaire, entretien du pigeon au moyen d'un régime totalement privé de facteur B (*C. R. Ac. Sc.*, 179, 700, 1924.)
- RANDOIN (M^{me}). — Influence comparée des lipides et des glucides du régime sur l'évolution de l'avitaminose B (*C. R. Ac. Sc.*, 186, 1438, 1928.)
- SALVATORE DI FRISCO. — Sur le contenu en azote de l'organisme entier des rats albinos normaux à jeun (*Arch. Intern. Physiol.*, 32, 48, 1930.)
- STARLING (E.-H.). — Le rôle des graisses dans l'alimentation (*British Médic. Journal*, 2, 105, 1918.)
- SIMONNET (H.). — La valeur nutritive du saindoux en tant que vecteur du facteur A (vitamine soluble dans les graisses). (*Bull. Soc., Hygiène alimentaire*, 9, 388, 1921.)
- TERROINE (E.-F.) et REICHERT (M^{me} Th.). — Influence de la ration saline sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance (*Ac. Sc.*, 188, 1268, 1929.)
- — — — — Le chlorure de sodium dans l'alimentation du bétail, son action sur le métabolisme azoté (*C. R. Ac. Sc.*, 190, 1930.)
- TERROINE (E.-F.) et MENDLER (M^{lle} A.-M.). — De l'influence de l'adjonction d'aliments ternaires au lait sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance (*C. R. Ac. Sc.*, 181, 1176, 1925.)
- — — — — Influence de la nature des aliments ternaires sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance (*C. R. Ac. Sc.*, 182, 413, 1926.)
- TSCHERKER (L.-A.). — Proteinogene toxischen (*Biochem Zeitschrift Bd*, 182, 35, 1927.)
- UMEDA. — The influence of fat and carbonhydrates on the excretion of endogenous purines in the urine of dog and man (*Bioch. journal*, 9, 421-438, 1915.)
- VISCO (Sabato), GRASSI. — E idrati di carbonico nell'alimentazione (*Rivista di Biologica*, 4, 339, 1922.)
- VOIT (G.), HERMANN. — Handbuch der Physiologie, 6, 143, 1881.
- WELLMANN (O.). — Futterungs Versuche an Ferkeln mit Fett- und Kohlehydratreicher Milch von verschiedenen eiweissgehalt *Landw. Jahrb.*, 52, 671-740, 1915.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.

PREMIÈRE PARTIE

<i>Influence des saisons sur la sensibilité de l'organisme à l'intoxication protéique, en présence des vitamines.....</i>	17
<i>a) Technique des expériences.....</i>	17
<i>b) Exposé des résultats.....</i>	18
<i>d) Symptomatologie et cause de la mort.....</i>	19

DEUXIÈME PARTIE

<i>Influence de l'addition de vitamines aux rations ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides sur les périodes de fixité de poids et de survie chez le rat blanc.....</i>	23
<i>a) Technique des expériences</i>	23
<i>b) Exposé des résultats.....</i>	24
<i>c) Analyse des résultats.....</i>	24
<i>d) Symptomatologie et cause de la mort.....</i>	32

TROISIÈME PARTIE

<i>Détermination de la supériorité des graisses dans l'utilisation des protéines par la méthode des bilans azotés.....</i>	33
<i>a) Technique des expériences</i>	33
<i>b) Exposé des résultats.....</i>	45
<i>c) Analyse des résultats.....</i>	46
<i>d) Symptomatologie et cause de la mort.....</i>	32
INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	67
CONCLUSIONS	77

